

## **Mémoire de fin d'études : " Protocole de médiation numérique. Le cas de la charpente du Palais des Princes-Evêques de Liège".**

**Auteur** : Mahiat, Benjamin

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

**Faculté** : Faculté d'Architecture

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

**Année académique** : 2023-2024

**URI/URL** : <http://hdl.handle.net/2268.2/21425>

---

### *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.*

---



UNIVERSITE DE LIEGE – FACULTE D'ARCHITECTURE

## PROTOCOLE DE MEDIATION NUMERIQUE

Le cas de la charpente du Palais des Princes-Evêques de Liège

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

Sous la direction de : Pierre HALLOT (promoteur)

Pierre JOUAN (co-promoteur)

Année académique 2023-2024

## **Abstract**

Certains sites patrimoniaux sont inaccessibles. Les outils de médiation numérique peuvent apporter une solution à ce problème.

Cependant, il existe une multitude d'outils, de valeurs à communiquer et de types de public. Concevoir une expérience pertinente demande de mettre en relation ces éléments de manière optimale. Cette tâche n'est pas toujours facile car il y a un manque de structure et de protocole à suivre. D'autre part, il est difficile de comparer et analyser des expériences existantes totalement différentes.

Dans ce travail, nous créons un modèle de représentation visuelle qui permet d'analyser et comparer des expériences existantes. Nous nous servons ensuite de cette création pour établir un protocole permettant de choisir la meilleure combinaison possible en croisant des outils, des valeurs et des publics. Pour vérifier ce protocole nous l'appliquons à un cas d'étude : le Palais des Princes-Evêques de Liège. Nous obtenons une combinaison qui devrait être pertinente. Pour vérifier cette hypothèse, nous concevons et réalisons l'expérience associée à cette combinaison.

Suite à cette expérience, il apparaît que la combinaison obtenue avec le protocole est pertinente. En effet, l'élément de valeur a bien été transmis au public cible à l'aide de l'outil. Malgré tout, certaines pistes d'améliorations ont été repérées concernant la communication avec cet outil.

Nous pouvons donc en déduire que le modèle de représentation visuelle imaginé et le protocole développé fonctionnent et pourraient être réutilisés, bien qu'ils soient potentiellement eux aussi sujets à des évolutions.

## **Remerciements**

Au terme de ce travail, je tiens à exprimer ma gratitude et mes remerciements à toutes les personnes qui ont contribué à sa réalisation.

Tout d'abord, merci à Monsieur Hallot, promoteur de mon TFE, pour avoir su me guider dans la construction de ce travail durant cette dernière année au travers de ses précieux conseils.

Je tiens aussi à exprimer ma reconnaissance envers les étudiants de Master 2 Architecture 2023-2024 sans qui l'expérience n'aurait pas pu se concrétiser.

Et pour finir, il va sans dire que je remercie mes proches et ma famille d'avoir été présents durant ces 5 années d'études.

# Table des matières

<b>1.</b>	<b>Introduction.....</b>	<b>1</b>
1.1.	Constats .....	1
1.2.	Question de recherche initiale.....	6
<b>2.</b>	<b>Etat de l'art.....</b>	<b>7</b>
2.1.	Les valeurs.....	7
2.1.1.	Précision du cas d'étude .....	7
2.1.2.	Ouvrages de références .....	8
2.1.3.	Analyse in situ .....	11
2.1.4.	Evaluation des valeurs.....	23
2.1.5.	Synthèse des valeurs .....	25
2.1.6.	Communication des valeurs .....	25
2.2.	Les outils de médiation numérique .....	27
2.2.1.	Définitions et références bibliographiques.....	27
2.2.2.	Critères de comparaison .....	33
2.2.3.	Outils retenus.....	38
2.3.	Conclusion de l'état de l'art .....	44
2.3.1.	Constats dans la littérature .....	44
2.3.2.	Questions de recherche .....	45
<b>3.</b>	<b>Méthodologie .....</b>	<b>46</b>
3.1.	Objectifs .....	46
3.2.	Croisement de 3 variables.....	46
3.3.	Evaluation .....	51
3.4.	Exhaustivité.....	52
3.4.1.	Critères .....	52
3.4.2.	Listes.....	53
3.5.	Analyse .....	54
3.6.	Protocole.....	55
3.6.1.	Introduction.....	55
3.6.2.	Etape 1 : variables .....	55
3.6.3.	Etape 2 : listes .....	56
3.6.4.	Etape 3 : liaisons.....	56
3.6.5.	Etape 4 : combinaisons.....	57
3.6.6.	Etape 5 : choix .....	58

3.6.7.	Conclusion .....	59
<b>4.</b>	<b>Application du protocole au cas d'étude .....</b>	<b>60</b>
4.1.	Etape 1 : variables .....	60
4.2.	Etape 2 : listes .....	60
4.2.1.	Publics .....	60
4.2.2.	Outils .....	61
4.2.3.	Valeurs.....	61
4.3.	Etape 3 : liaisons .....	62
4.4.	Etape 4 : combinaisons .....	63
4.5.	Etape 5 : choix.....	67
4.5.1.	Choix de la combinaison.....	67
4.5.2.	Polyvalence potentielle.....	68
<b>5.</b>	<b>Test d'une expérience .....</b>	<b>70</b>
5.1.	Méthode .....	70
5.2.	Conception .....	70
5.2.1.	Acquisition des données .....	70
5.2.2.	Sélection des données.....	71
5.2.3.	Traitement des données .....	71
5.3.	Réalisation.....	72
5.3.1.	Public .....	72
5.3.2.	Questionnaire.....	72
5.3.3.	Procédure.....	72
5.4.	Observations .....	72
5.4.1.	Connaissance préalable du public.....	72
5.4.2.	Communication de la valeur .....	73
5.4.3.	L'outil.....	74
5.4.4.	Entretien .....	75
5.5.	Conclusion de l'expérience .....	76
5.6.	Limites de l'expérience .....	77
<b>6.</b>	<b>Conclusion .....</b>	<b>78</b>
<b>7.</b>	<b>Bibliographie.....</b>	<b>80</b>
<b>8.</b>	<b>Tables des illustrations.....</b>	<b>86</b>
<b>9.</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>88</b>

# 1. Introduction

---

## 1.1. Constats

L'UNESCO constate que : « le patrimoine culturel et le patrimoine naturel sont de plus en plus menacés de destruction non seulement par les causes traditionnelles de dégradation, mais aussi par l'évolution des conditions sociales et économiques » (UNESCO, 2023). La détérioration ou la disparition de tout élément du patrimoine culturel ou naturel constitue un appauvrissement préjudiciable du patrimoine. Certaines parties du patrimoine culturel ou naturel présentent un intérêt exceptionnel et doivent donc être préservées. Il faut entretenir, accroître et diffuser les connaissances qui y sont liées. Le patrimoine culturel regroupe les monuments, ensembles et sites qui ont une valeur universelle exceptionnelle du point de vue esthétique, ethnologique, anthropologique, de l'histoire, de l'art ou de la science (UNESCO, 2023). A propos de la définition du patrimoine, Françoise Choay nous dit : « Ce beau et très ancien mot était, à l'origine, lié aux structures familiales, économiques et juridiques d'une société stable, enracinée dans l'espace et le temps » (Choay, 1999). Au cours du temps, il a été requalifié par divers adjectifs (génétique, naturel, historique...) qui en ont fait un concept nomade. Plus précisément, elle explique que le patrimoine historique est l'accumulation continue d'une diversité d'objets que rassemble une communauté : œuvres et chefs-d'œuvre des beaux-arts et des arts appliqués, travaux et produits de tous les savoirs et savoir-faire des humains. Elle ajoute : « Le patrimoine historique et les conduites qui y sont associées se trouvent pris dans des strates de significations dont les ambiguïtés et les contradictions s'articulent et se désarticulent » (Choay, 1999). Cependant, il faut garder à l'esprit que ces écrits ont été rédigés en 1999 et commencent donc à dater. Plus récemment, on peut lire que la notion de patrimoine est souvent liée à celle des valeurs. C'est ce qu'explique Nathalie Heinich dans son livre « La fabrique du patrimoine ». Elle se demande en quoi consiste la fonction patrimoniale et montre que : « c'est un « traitement conservatoire » appliqué à des objets relevant du bien commun, ce qui les distingue des objets de patrimoine familial, dotés d'une valeur pérenne faite d'authenticité, d'ancienneté, de significativité et d'esthétique » (Heinich, 2009). C'est sur base de ces critères qu'on peut décider d'attribuer ou pas une certaine valeur patrimoniale à un édifice.

Malheureusement, l'accès à ce patrimoine est parfois impossible. Il existe différents types d'inaccessibilités. Certains sites sont trop reculés, dans des environnements austères à cause du terrain ou du climat, d'autres sont trop fragiles pour être exposés aux visiteurs. Cela a notamment été le cas des grottes de Lascaux. La détérioration était due au dioxyde de carbone rejeté par le public (Weissberg, 1999). Selon la conservatrice de la grotte, cette détérioration est stoppée par l'absence prolongée de visiteurs. Seuls quelques scientifiques sont autorisés à pénétrer dans la grotte et la présence humaine est limitée à 200 heures par an (Mauriac, 2016). D'autres sites peuvent représenter un danger pour le public.

C'est là que peuvent intervenir les technologies actuelles. Des techniques de médiations permettent de transmettre certains aspects de valeurs portés par un site. Les éléments de valeur liés aux aspects émotionnels et sensoriels feront davantage référence à l'esprit du lieu, à son *Genius Loci*, son atmosphère. En revanche, ce ne sera pas le cas pour les aspects

associatifs, fonctionnels et scientifiques la plupart du temps. Les outils de communication spécifiques doivent évidemment tenir compte des différentes populations et du public cible. Des maquettes physiques peuvent par exemple être proposées pour les malvoyants (Hallot et al., 2021). Les technologies de réalité virtuelle peuvent elles aussi être utilisées pour se plonger visuellement dans un environnement en trois dimensions. Les casques VR (Virtual Reality) se perfectionnent, et leurs différentes utilisations se multiplient rapidement. D'autre part, il est aussi possible de voyager à travers un lieu mais avec un support différent, comme un site internet. Cela offre des possibilités de déambulation semblables à ce qu'on peut retrouver sur Google Street View. Il existe donc des bâtiments inaccessibles pour la population, mais dont il est possible de vivre l'expérience grâce à ces techniques de médiations.

Pour cette recherche, notre cas d'étude est le Palais des Princes-Evêques de Liège (Figure 1), et plus spécifiquement, sa charpente ancienne. Au cœur de Liège, l'ancien Palais des Princes-Evêques et des États du pays de Liège demeure le témoin d'un passé prestigieux et d'une histoire mouvementée dont les cicatrices sont nombreuses.



*Figure 1 : Vue aérienne du Palais des Princes-Evêques de Liège - Nihant, J., et al., 2022*

Érigé par Notger vers l'an 1000 (Delsaux, 1847), il fut tour à tour incendié, reconstruit, pillé, restauré pour recevoir enfin différentes adaptations de style néo-gothique (Colman, 1986). Aujourd'hui encore, ce merveilleux édifice remplit une double fonction : celle de Palais de Justice et celle de Palais du Gouvernement Provincial. Plusieurs travaux de restauration destinés à protéger l'édifice ont déjà eu lieu ces dernières années. Le palais est constitué de plusieurs cours et possède un plan à la Renaissance italienne (Janssen-Delvaux, 1971), alors que la plupart des éléments de décoration sont gothiques. La première cour est entourée de quatre galeries aux voûtes gothiques reposant sur 60 colonnes, toutes différentes, qui sont richement ornées de figures humaines fantastiques et de masques grotesques (Figure 2). Ils témoignent des courants de pensée humaniste de la Renaissance.



Figure 2 : Peinture de Samuel Prout de la première cour (1833) - Nihant, J., et al., 2022

L'intérieur du palais a conservé de nombreuses pièces datant de l'époque des Princes-Evêques, notamment les anciens appartements privés du prince. La qualité du Palais des Princes-Evêques ne s'évalue pas seulement en fonction de son architecture mais également par ses décors intérieurs, essentiellement du XVIIIème siècle. Au fil des reconstructions et des aménagements, il s'inscrit au goût du jour, il est fait appel aux meilleurs artistes et artisans locaux, tout en s'inspirant des courants à la mode (UNESCO, 2008). Notre cas d'étude se penchera plus particulièrement sur l'aile Est de la cour centrale du palais. Comme évoqué précédemment, l'édifice actuel résulte d'une multitude de modifications et remaniements. Cette aile en particulier est le point de jonction entre toutes ces modifications, ce qui en fait un cas d'étude singulier. L'aile actuelle date du XVIème siècle, et est issue de la reconstruction du palais par Evrard de La Marck en 1526. Elle s'assemble avec la partie XVIIIème de l'aile Sud reconstruite en 1734. Enfin, elle répond à la façade du palais provincial pour laquelle elle a servi de modèle en 1853 (Demoulin, 2008). La partie de la charpente datant du XVIème siècle est l'un des derniers témoins de cette époque, notamment dans sa typologie, ses techniques de mise en œuvre, et diverses marques de conception (Hoffsummer, 1995). Cet espace a subi divers renforcements structurels étant donné les modifications intérieures de l'édifice. Ce n'est pas un espace qui a beaucoup été investi au travers des siècles, c'est pourquoi la physionomie générale a peu changé. Il est perçu comme un espace résiduel dont les évolutions lui sont imposées et non projetées, soit par des mouvements en façade ou à l'intérieur.

Le Palais des Princes-Evêques est malheureusement inaccessible pour plusieurs raisons. Premièrement, car les fonctions qu'il abrite rendent l'accès compliqué à certaines parties du bâtiment, et en particulier les combles où se situent les charpentes. Deuxièmement,

imaginons que nous pouvons nous rendre aisément jusqu'à cet endroit, voyager dans cet espace n'est pas pratique. C'est un lieu fort encombré à cause de la typologie de charpente et les passerelles existantes sur lesquelles nous devons marcher ne sont pas en très bon état et ne distribuent pas tous les espaces. Troisièmement, les nombreuses pathologies observées dans les structures témoignent d'un potentiel danger. La sécurité des visiteurs ne pourrait donc pas être garantie. Enfin, comme beaucoup de bâtiments anciens, il n'a pas été pensé pour être accessible à toutes et tous (Nihant et al., 2022). De plus, même dans l'hypothèse où ce lieu est rendu accessible au public, il existe certains types de publics qui ne sauront de toute manière pas y accéder étant donné les complexités techniques que cela engendrerait et les investissements colossaux qu'il faudrait réaliser. Nous pensons ici aux personnes à mobilité réduite par exemple. Toutefois, nous pouvons observer une volonté de le rendre accessible d'une manière ou d'une autre. Pour y parvenir et lui rendre son rayonnement d'antan, la province de Liège lui a consacré une exposition historique. Cette exposition « Notre Palais, une histoire millénaire » voulue par la Province de Liège est le premier élément d'une longue marche pour que le Palais, trop peu accessible aux visiteurs, touristes ou Liégeois désireux de mieux connaître leur patrimoine puisse bénéficier d'une certaine visibilité (Province de Liège, 2022).

J'ai la chance d'avoir déjà travaillé sur le cas du Palais des Princes-Evêques dans le cadre de mon cours de projet « Pratique du chantier et de la restauration du bâti ancien » au premier quadrimestre de mon Master en architecture, ce qui m'a conduit à réaliser ce travail de recherche. Le projet consistait à proposer une visite de cette charpente et nous avons déjà discuté à ce moment-là de la question d'accessibilité. Lors de nos réflexions, nous nous sommes interrogés sur la faisabilité, le coup et l'intérêt de rendre cette visite accessible, ou s'il ne serait pas plus intéressant de proposer une visite virtuelle dans un local de visualisation. J'avais d'ailleurs réalisé une vidéo sur base d'un modèle 3D qui simulait le trajet d'une visite dans les charpentes. Durant la vidéo, nous parcourions les différents espaces en s'arrêtant plus longuement aux endroits jugés importants. L'inconvénient de ce petit film était qu'il avait été réalisé grâce aux logiciels SketchUp et Enscape, et n'était donc pas très fidèle à la réalité mais tentait plutôt de communiquer des ambiances et l'aspect formel des espaces.



## 1.2. Question de recherche initiale

Dans ce travail, plusieurs sous-questions seront abordées. Quelle technologie serait la plus adaptée pour communiquer des aspects de valeur qui doivent être transmis en fonction du public ciblé ? Comment comparer des expériences entre elles ?

L'étude qui va être menée vise à poursuivre la recherche dans ce domaine au travers d'un cas d'étude. Evaluer les qualités et défauts des technologies qui veulent communiquer le patrimoine paraît essentiel pour proposer des expériences de plus en plus pertinentes et complètes.

Ceci est une ébauche de la question de recherche. Pour pouvoir l'approfondir, il est nécessaire de faire un état de l'art dans ce domaine. Nous allons tout d'abord parler du cas d'étude, des valeurs dont il est porteur et de l'évaluation de ces valeurs. Ensuite, nous parlerons des outils de médiation numérique, et notamment des critères qui permettent de les comparer. Après cette analyse de l'état de l'art, nous pourrions énoncer la question de recherche finale de façon plus précise et avisée (cf. point 2.3.2).

Du point de vue méthodologique, nous commencerons par la conception d'un modèle graphique et visuel, puis nous développerons un protocole sur base de ce modèle. Après cela, nous appliquerons ce protocole au cas d'étude avant de réaliser une expérience. Cette expérience ressemble à une interview d'utilisateurs experts d'un point de vue méthodologique.

## 2. Etat de l'art

---

### 2.1. Les valeurs

#### 2.1.1. *Précision du cas d'étude*

Comme nous l'avons dit dans l'introduction, le cas d'étude de cette recherche est le Palais des Princes-Evêques de Liège.

##### 2.1.1.1. Limite de la zone étudiée

Nous nous concentrons sur la charpente de l'aile Est de la cour centrale, représentée ici en rouge sur le plan et la coupe (Figure 4 ; Figure 5). C'est principalement cette partie qui a été étudiée avec le cours de projet du premier quadrimestre de Master en 2022.

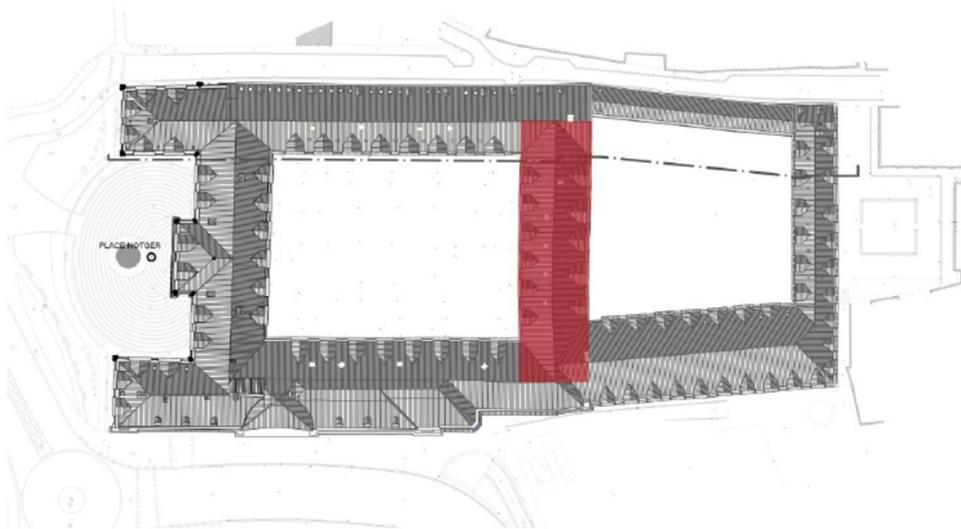


Figure 4 : Plan de la zone étudiée - Nihant, J., et al., 2022



Figure 5 : Coupe de la zone étudiée - Nihant, J., et al., 2022

### 2.1.1.2. Niveau de détail

Dans le cadre de ce TFE, l'objectif de cette recherche n'est pas de faire une étude archéologique ou historique de cette charpente. C'est pourquoi nous nous baserons principalement sur les études menées par les étudiants et certaines références bibliographiques qui parlent de cette charpente. Le but est donc de relever les éléments de valeurs principaux. Si nous voulions être plus précis, des études approfondies avec des scientifiques spécialistes du domaine auraient dû être envisagées, ce qui sortait du cadre de ce travail. De plus, ce cas d'étude n'est qu'un élément secondaire du travail global. En effet, comme nous le verrons par la suite, il fait partie d'une expérimentation d'un protocole élaboré dans ce travail.

## 2.1.2. *Ouvrages de références*

### 2.1.2.1. Patrick Hoffsummer

Une étude de dendrochronologie de cette charpente a été réalisée et publiée par Patrick Hoffsummer. On sait donc quand les bois de charpente ont été coupés (date d'abattage, dimensions du tronc, milieu forestier) et on peut en déduire qu'elle a été réalisée dans l'année ou les deux ans qui ont suivi. Dans son ouvrage « Les charpentes de toiture en Wallonie » consacré notamment à cette partie de l'édifice, il affirme que la charpente et son système seraient datés de 1528-1529 (Hoffsummer, 1995).

### 2.1.2.2. Etudes préalables

Des études préalables sur le Palais ont été menées par des étudiants de Master 1 en architecture en 2022 dans le cadre du cours « Atelier pratique du chantier de restauration du bâti ancien : techniques de relevé, lecture architecturale et archéologique, analyse des structures et des pathologies ». Elles sont une source d'informations précieuses pour ce travail. Cette recherche réalisée par les étudiants constitue une étude patrimoniale qui permet de cerner l'épaisseur historique du Palais en vue d'un projet de transformation potentielle. Elle permet d'apprécier la valeur patrimoniale du lieu en orientant le projet architecturale et en évaluant l'impact des interventions proposées sur le bâtiment. Dans ce TFE, nous nous intéressons surtout au relevé des éléments de valeurs. Toutes les informations qui vont suivre sont tirées de ces études préalables et des sources qui y ont été utilisées.

Après tant de périodes traversées et d'empreintes laissées, ce palais s'affirme encore de nos jours dans la ville liégeoise. En dépit de sa renommée historique en tant qu'emblématique palais civil provincial, ce monument d'exception requiert désormais de grands travaux de restauration afin de perpétuer son rayonnement au sein du territoire liégeois (Nihant et al., 2022).

D'un point de vue historique, Notger succède à Éracle en 971 et prend le titre de prince. Il donne à Liège le rang de capitale. C'est aussi à partir de Notger que la demeure épiscopale reçoit le nom de Palais qu'elle n'abandonnera plus. En 1185, un incendie qui avait pris naissance dans les combles de la basilique de Saint-Lambert ravagea les principaux monuments de la ville et selon Jean d'Outremeuse, attaqua le palais lui-même. Il fut

reconstruit à la fin du XII<sup>ème</sup> siècle par Raoul de Zahringen. Un nouvel incendie le détruisit en 1505. Sous Erard de la Marck, l'architecte Arnould Van Mulcken entreprit sa reconstruction en 1526. Celle-ci ne fut terminée qu'à la fin du XVI<sup>ème</sup> siècle. La construction élevée par Henri de Leez présentait déjà la distribution que nous retrouvons dans les bâtiments actuels. Notons au passage que le cardinal Gérard de Groesbeek (1568) ainsi que le prince Ernest de Bavière (1587) durent réparer certaines voûtes des galeries qui s'étaient effondrées. Durant la période qui suivit, les bâtiments ne furent plus entretenus pour cause de difficultés financières. Un incendie détruisit l'aile Sud en 1734. Elle fut reconstruite par l'architecte Jean Anneessens, fils du célèbre doyen des métiers de Bruxelles. Un peu plus tard, en 1766, la tour située entre l'aile Nord et l'aile Ouest de la première cour s'écroula et détruisit en partie les appartements du prince. Les Français occupèrent définitivement Liège en 1794. Le jour même, la population se rua à l'intérieur du Palais et s'y livra au pillage systématique de tout ce qu'il contenait. Les bâtiments eux-mêmes ne subirent pas de grands dommages. Après le pillage, le palais fut encore abandonné pendant près d'un demi-siècle. En 1849, l'architecte Charles Delsaux, âgé de 26 ans, gagna haut la main le concours organisé par la Commission royale des Monuments pour la reconstruction du palais. Il restaura la galerie occidentale de la première cour et transforma la façade de l'hôtel provincial qui avait été reconstruite en briques après 1734. Il réalisa aussi différentes adaptations dans le style néo-gothique. En 1876, les architectes Noppius et Pauwels procédèrent à la réparation ou à la reconstruction des façades de l'aile centrale. La façade Est de la première cour fut complètement reconstruite et la façade Ouest de la deuxième cour fut simplement restaurée. Enfin, Noppius s'occupa en 1880 de restaurer les façades Sud et Nord de la première cour. La façade Sud fut entièrement reconstruite à partir de la naissance du triforium et la façade Nord ne reçut que quelques retouches. En 1879, Godefroid Ume construisit une aile néo-gothique au nord de la rue Sainte-Ursule et vers 1915, les architectes G. Bourgault et F. Lohest restaurèrent la galerie de la deuxième cour.

Dans ce travail, nous nous basons sur la définition de « restauration » proposée par Jean-Marie Pérouse De Montclos dans « Architecture – Description et vocabulaire méthodique » : Ensemble des travaux, consolidations, remontages, reconstitutions ou réfections, tendant à conserver un édifice (Pérouse De Montclos, 2011). Cette définition est très large, assez souple et elle correspond à l'usage actuel.

Nous retiendrons certains travaux majeurs du XX<sup>ème</sup> siècle. Dès 1935 s'entament de grands travaux de transformation du Palais sous le contrôle de la CRMS (Commission Royale des Monuments et des Sites) dans un but de réorganisation des locaux. S'en suivent de nombreux travaux d'aménagements. En effet, le Palais étant dans un état délabré, il est nécessaire de le rénover. Les différents acteurs n'étaient pas toujours d'accord quant aux travaux réalisés. Bourgault rapporte à la CRMS que les travaux étaient réalisés par des « amateurs » qui auraient selon lui « dénaturé irrémédiablement le célèbre bâtiment ». En 1938, l'ingénieur en chef directeur Poelman, d'Anvers, assure les travaux de restauration de la galerie au nord de la deuxième cour. Il précise que la galerie sera remise dans son état primitif. En 1954, lors de la restauration de la façade vers la Place Saint-Lambert, la CRMS préconise le retour à l'état primitif, rendant à la façade son aspect d'autrefois. En 1962, une première entreprise de remplacement des pierres bleues est lancée, suivie de la restauration de la double porte d'entrée principale en 1963. En 1964, c'est le début de la restauration des colonnes à la galerie

Nord de première cour assurée par la Régie des Bâtiments du ministère des Travaux publics par J. Barbier et Jean-Pierre Roland. Le travail en groupe est encouragé. Ils se sont associés à de nombreux experts, allant jusqu'aux travaux délicats de taille de la pierre. Simultanément, les travaux de restauration des voûtes des galeries sont commencés. De 1965 à 1976 s'enchainent des travaux de restauration et reconstruction : remplacement de la porte rue du Palais, restauration de colonnes dans la galerie Nord et de toiture dans l'aile Sud, restauration du campanile, ravalement des façades, protection spéciale des façades contre les pigeons, etc. Le 22 octobre 1973, le Palais est classé comme monument : patrimoine exceptionnel de Wallonie. De 1976 à 1985, c'est le ministère des Travaux publics qui assure les travaux nécessaires à la bonne conservation du monument (Nihant et al., 2022).

Enfin, différents aménagements sont également mis en place au XXIème siècle. La Régie des bâtiments est le gestionnaire immobilier fédéral pour les services publics fédéraux et pour le patrimoine architectural et historique. C'est elle qui prend en charge les différents aménagements. Entre 2005 et 2012, les extensions sont réalisées dans un but de rassembler les institutions judiciaires de Liège auparavant dispersées sur une quinzaine de sites dans la ville de Liège. Entre 2017 et 2018, des travaux de rafraîchissement sont apportés dans l'ancien Palais, lorsque plusieurs services ont déménagé vers l'extension, tout en respectant les réglementations en vigueur concernant la restauration de bâtiments classés. Sept grandes salles d'audiences situées au rez-de-chaussée et au premier étage furent aménagées par la Régie des Bâtiments en 2017. Elle effectue aussi des travaux dans des zones non classées. Les anciens bureaux des juges d'instruction situés au premier et deuxième étages de l'aile Nord ont été rénovés (Nihant et al., 2022).

En comparant ces 2 coupes de presque 2 siècles d'écart (Figure 6 ; Figure 7), des modifications dues aux changements des besoins et à la nécessité occasionnelle de restaurer et de rénover sont perceptibles. Au-dessus du plafond se trouvaient les antichambres. Elles ont été remplacées par la Cour d'assises, qui se distingue par ces grandes voûtes en berceau. Pour la construction de ce haut plafond, le plancher du deuxième étage a été démoli afin d'obtenir un étage à double niveaux. Le plancher a été conservé pour le reste de l'étage. Concernant la toiture, ses versants ont été raccourcis. Le versant droit a même connu un changement d'amplitude. Du côté gauche, le mur porteur a été agrandi afin de permettre la création d'un plancher, qui a exigé une modification de la charpente. Des contrefiches de renforcements et les jambes de force gauches ont été retirées. L'espace sous ce plancher accueille aujourd'hui des bureaux séparés du couloir par des cloisons. Quant à la partie droite des combles, les solives existantes ont été renforcées dans le but d'avoir un plancher circulaire.



Figure 6 : Coupe de Durand (1840) - Nihant, J., et al., 2022

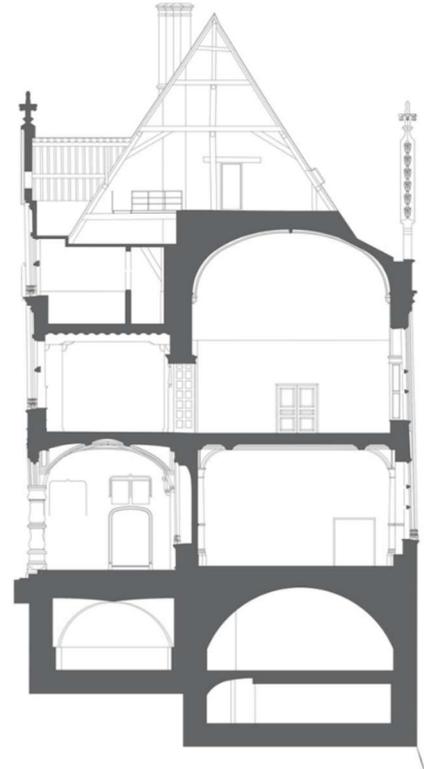


Figure 7 : Coupe actuelle - Nihant, J., et al., 2022

### 2.1.3. Analyse in situ

Dans le cadre de ces études préalables, nous avons eu la chance de pouvoir accéder au bâtiment et particulièrement à la zone étudiée. Cela nous a permis d'observer les lieux depuis l'intérieur et récolter énormément d'informations, sur base desquelles nous avons tenté de tirer certaines conclusions.

#### 2.1.3.1. Matériaux

La charpente est faite de pièces de bois, vraisemblablement du chêne. Pour la plupart, l'ensemble semble d'origine. On retrouve notamment des marques de charpentiers qui répertorient le nombre de fermes (Figure 8). Ces marques permettaient la mise en place des fermes dans le bon ordre lors du montage de la charpente.



Figure 8 : Marques de charpentiers - Nihant, J., et al., 2022

A cela s'ajoute diverses pièces plus récentes. On retrouve des chevrons d'époques différentes visibles grâce à leur section carrée plus petite et leur technique de taille. On y perçoit des traces de scie à la surface, contrairement au reste de l'ensemble caractérisé par des entailles de hache. Ces deux techniques évoquent deux époques distinctes, l'une après le XIX<sup>ème</sup> siècle, l'autre plus ancienne. Il y a aussi des éléments métalliques solidaires de la charpente comme un demi entrait constitué de deux poutrelles en I près d'une lucarne.

#### 2.1.3.2. Combles

Ces combles hauts d'environ 9 mètres entre la faîtière et l'entrait principal sont découpés en deux parties. L'une est habitable, aménagée et cloisonnée. L'autre est laissée à nue. Il y a une alternance de fermes primaires (avec poinçon) et de fermes secondaires (sans poinçon), ce qui en fait des combles à surcroît. Cette alternance de fermes rapprochées (environ 4 mètres d'entraxe) peut être assimilable à un système de charpente à chevrons-formant-fermes. Les chevrons font donc à la fois partie du système de charpente et de couverture. Ce type de charpente était encore utilisé dans le courant du XVI<sup>ème</sup> siècle, bien qu'en train de disparaître au profit de la charpente à chevrons/pannes dû à une pénurie de bois à cette période en Europe. Son utilisation ici affirme l'importance du bâtiment et de sa fonction. On dispose de moyens assez conséquents pour se procurer de longues pièces de bois. On remarque cependant que les chevrons-arbalétriers ne sont pas d'un seul tenant, du mur à la panne faîtière, sûrement dû à la trop grande portée et à l'utilisation des combles en surcroît qui affinent la partie supérieure de la ferme. Ces deux types de fermes sont contreventées par une triple faîtière à croix de Saint-André, technique courante entre le XV<sup>ème</sup> et XVIII<sup>ème</sup> siècle. Cependant, une moitié de la partie Nord, au-dessus des appartements des princes évêques, dispose de deux rangées de croix de Saint-André contrairement à la moitié Sud, au-dessus de la salle d'assise qui n'en est pourvu que d'une seule (Figure 9). On peut se demander si cela est dû à une simplification structurelle par l'ajout de murs intermédiaires a posteriori ou à une dégradation de l'ensemble. C'est donc l'ensemble de la partie inférieure de la charpente qui reprend les charges de la toiture. Ces charges sont redistribuées dans les murs par des jambes de forces qui viennent soulager les chevrons-arbalétriers sur blochet. Ce dispositif a permis de retrousser l'entrait principal et d'aménager des espaces dans les combles. On retrouve

d'ailleurs d'anciennes ouvertures dans le mur donnant possiblement sur l'espace antérieur à la Cour d'assises.

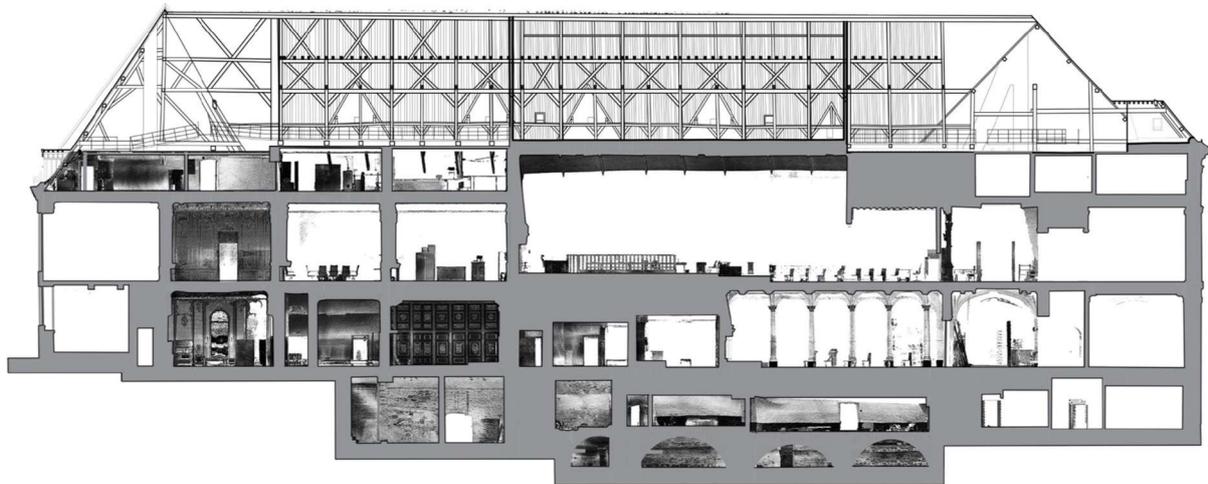


Figure 9 : Coupe longitudinale de l'aile Est

En observant les entrails, on remarque que ceux-ci sont coupés en biais un peu après leur moitié. Les deux morceaux de bois sont ensuite assemblés par adjonction d'une pièce métallique (Figure 10). On peut alors se demander si cela est dû à la pénurie de bois évoquée précédemment. Cependant, ces assemblages métalliques ne sont pas identiques partout. Cela est donc peut-être plutôt dû aux modifications du XIXème siècle. Ces éléments seraient là pour renforcer la structure.



Figure 10 : Assemblage d'un entrail -  
Nihant, J., et al., 2022

Par ailleurs, on remarque un cloisonnement de l'espace des combles non-habitable avec des murs de béton imitant la pierre venant s'accoler au conduit de cheminée préexistant (Figure 11). On peut supposer que ces modifications ont eu lieu au début du XXème siècle.



Figure 11 : Cloisonnement en béton - Nihant, J., et al., 2022

En s'intéressant à l'espace où les lucarnes rencontrent la charpente on retrouve des éléments métalliques. Ces poutres prennent appui sur le mur de brique central et se prolongent jusque dans la charpenterie des lucarnes. Ceci n'est valable que du côté de la façade Ouest. Ces ajouts semblent être postérieurs au XIX<sup>ème</sup> siècle et découlent potentiellement d'une faiblesse structurelle. Au niveau des assemblages tenon-mortaise, plusieurs contre-fiches se détachent des arbalétriers et ont perdu leur cheville (Figure 12). On remarque également plusieurs pièces de bois fendues, ainsi qu'une déformation de certains poinçons.

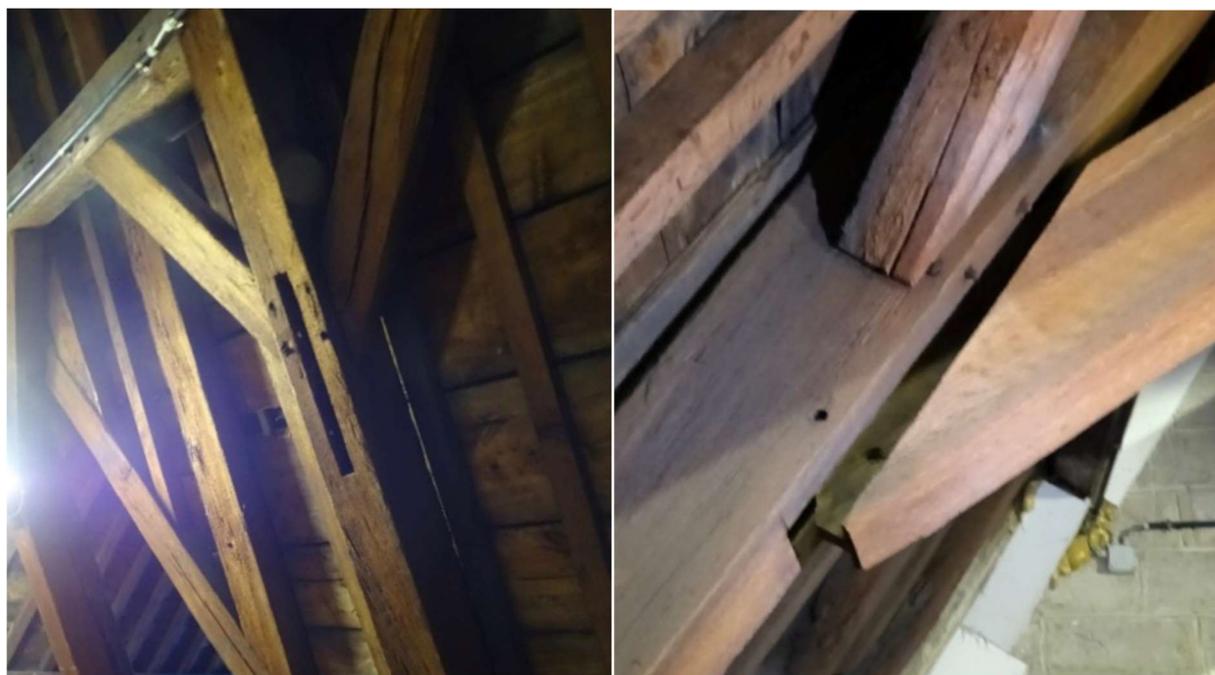


Figure 12 : Manquements dans les assemblages tenon-mortaise - Nihant, J., et al., 2022

### 2.1.3.3. Noeud

Un nœud qui découle de la rencontre entre plusieurs ailes a aussi été étudié (Figure 13).



Figure 13 : Nœud de charpente étudié - Nihant, J., et al., 202

Dans l'aile Nord, datant donc du début du XVI<sup>ème</sup> siècle, on remarque une idée déjà connue à l'époque qui consiste à soulager les entrants par des aisseliers et des liens assemblés à des poteaux appuyés aux murs. Les portées sont moins importantes que dans certains autres édifices car le mur de la galerie du rez-de-chaussée qui remonte jusque dans les combles a été utilisé comme appui. Cette manière de faire a été possible car le programme architectural le permettait, contrairement aux églises par exemple. Des jambes de force et des blochets servent d'intermédiaires pour rendre solidaire le pied des arbalétriers et l'entrait surbaissé. Dans les fermes avec poinçon, on peut penser que son rôle est de renforcer le système de contreventement et non pas de suspendre les entrants grâce à de la triangulation. La composition du nœud de charpente est assez particulière. En effet, elle reprend les deux systèmes des deux ailes mais en les adaptant au besoin de l'intersection. Il est vrai que des éléments relatifs à la noue de la toiture viennent se rajouter mais d'autres éléments des compositions disparaissent. Nous avons remarqué que certaines pièces étaient de réutilisation. La poutre qui nous a fait remarquer ceci est celle servant actuellement d'élément de contrefiche présentant des irrégularités (Figure 14). Après plusieurs discussions et recherches, cet élément s'est avéré être un ancien sommier de plancher dont les irrégularités étaient en réalité des encoches destinées à accueillir les solives d'un plancher Figure 14.



*Figure 14 : Ancien sommier de plancher - Nihant, J., et al., 2022*

De plus, les différents types d'assemblages que nous avons pu répertorier sont relativement nombreux. Cependant, certains ont retenu notre attention. Il est vrai que l'assemblage de type tenon-mortaise est celui qui est le plus présent. Ce dernier est utilisé entre deux pièces de bois qui s'emboîtent. Une possède une petite extension (le tenon) et l'autre un creux (la mortaise) destiné à accueillir l'extension. De cette façon, les deux pièces peuvent se lier et s'emboîter en assurant une grande stabilité. Par la suite, les techniques de découpe ont attiré notre attention. En effet, celles-ci sont directement liées à la datation du bois. Comme dans l'aile, nous avons pu remarquer que certaines pièces présentaient une surface parfaitement lisse qui est davantage liée à une découpe industrielle (XVIII<sup>ème</sup> siècle). Ces éléments ont donc été ajoutés à la charpente d'origine. Au contraire, les poutres présentant des irrégularités et des déformations auront plus tendance à appartenir à l'assemblage originel du Palais. Nous avons également découvert des marques d'assemblages (Figure 15). Ce type d'éléments a été le plus dur à répertorier. Il s'agit de petites entailles aidant le charpentier lors de la mise en œuvre. Il nous a fallu plusieurs visites sur les lieux avant d'en trouver. Ceci s'explique aussi par l'obscurité dans les combles. Nous avons dû nous aider d'une lampe de poche.



*Figure 15 : Marques d'assemblages - Nihant, J., et al., 2022*

Les pathologies peuvent se définir comme un ensemble de caractéristiques, particularités ou encore traces visuelles qui relatent et retracent l'histoire d'un lieu ou d'un élément. Concernant celles que nous avons rencontrées au cours de nos visites, elles se remarquent sur l'ensemble de la charpente et peuvent être différenciées selon certaines caractéristiques. De plus, il est évident que nous n'avons pas su toutes les identifier. En effet, il nous arrivait d'en répertorier de nouvelles même lors de la dernière visite. Il est donc probable que nous soyons passés à côté de certaines d'entre elles, d'autant plus que certaines zones de la structure ne nous étaient pas accessibles. Nous n'avons donc pas su les analyser pour en ressortir des observations. Les différentes catégories que nous avons recensées sont les suivantes : la présence de renforts, les techniques de découpe, certains éléments cassés, manquants ou de

réutilisation, ou encore les différents types et marques d'assemblages. Les renforts sont principalement composés d'équerres métalliques servant à assurer un meilleur maintien et une solidité supplémentaire aux jonctions de la structure (Figure 16).



*Figure 16 : Renfort en équerre métallique - Nihant, J., et al., 2022*

De plus, dans certaines zones de la charpente, des éléments en bois nommés « blochet » prennent place pour assurer une meilleure stabilité en gardant une cohérence esthétique. Concernant les éléments cassés, nous avons pu remarquer des fissures ou cassures nettes à de nombreux endroits de la charpente. Cependant, la représentation la plus expressive de ce type de pathologie s'exprime au niveau d'un aisselier qui est presque entièrement sorti de l'arbalétrier dans lequel il repose suite à un tassement de la toiture (Figure 17). Cet élément a été refixé sans pour autant être réemboîté à l'aide de clous de charpente.



*Figure 17 : Aisselier presque sorti de son arbalétrier - Nihant, J., et al., 2022*

En analysant la composition de la charpente dans le nœud et en faisant le lien avec les deux ailes annexes, nous avons pu remarquer que la composition de cette zone n'était pas complète (Figure 18). Lors du travail en coupe, des éléments tels que des aisseliers et des croix de Saint-André n'étaient pas présents. Nous avons cherché une explication. Au début, nous pensions que ces absences faisaient partie de la composition originelle. Mais ensuite, la présence d'assemblage tenon-mortaise nous a fait comprendre que ces éléments étaient prévus dans l'organisation initiale.



*Figure 18 : Aisselier manquant dans le nœud - Nihant, J., et al., 2022*

Cette analyse nous permet de mieux appréhender notre approche vis-à-vis du cas étudié. Les pathologies nous apprennent comment la charpente est arrivée dans son état actuel mais nous permettent également de pouvoir dater les éléments et comprendre comment les pièces sont en relation les unes avec les autres pour former un ensemble et permettre à la toiture de tenir.

Des croquis d'analyse ont été réalisés durant les visites dans les combles (Figure 19).

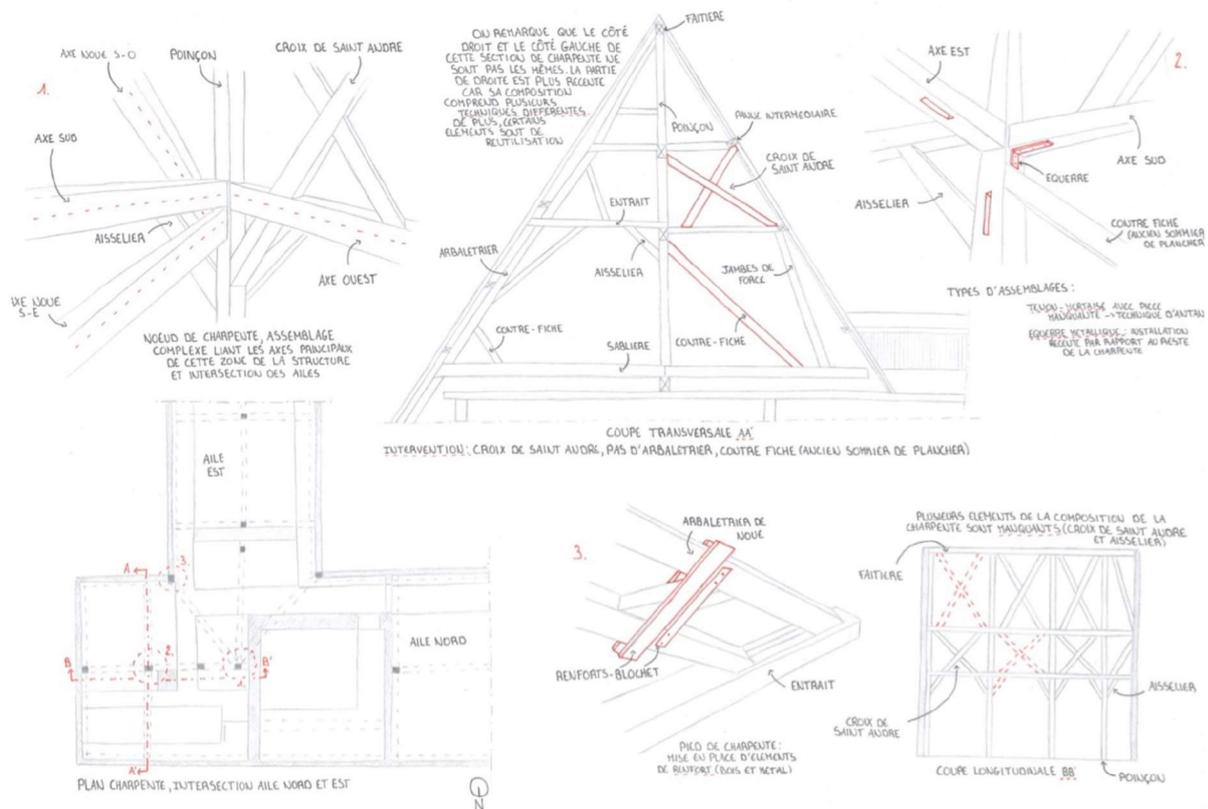


Figure 19 : Croquis d'analyse - Nihant, J., et al., 2022

Nous voulions comprendre le système global de descente de charge dans cette charpente. Nous avons opté pour la réalisation d'un modèle 3D. Pour nous aider, nous sommes repartis de plusieurs sources de données. Premièrement, nous avons pris des mesures directement sur les lieux à l'aide de lasers et de mètres : les sections des poutres, certaines distances entre murs, etc. De plus, nous avons essayé d'utiliser des outils numériques. Nous avons pris des mesures sur le nuage de point qui avait été réalisé mais nous n'atteignons pas la précision désirée. Nous avons donc extrait la partie du nuage de point qui nous concernait pour ensuite l'importer dans Recap. Nous avons utilisé la box pour créer des coupes et des tranches du nuage de point (Figure 20). Encore une fois, la précision de l'outil de mesure ne nous satisfaisait pas. Nous avons donc exporté chaque coupe du nuage depuis Recap en fichier RCS pour les importer dans AutoCAD (Figure 21). Après avoir créé un nouveau système de coordonnées utilisateur (SCU) en fonction de l'orientation de la tranche du nuage, la vue « top » nous a permis de prendre des mesures beaucoup plus précises et ainsi construire plus justement notre modélisation 3D sur Sketchup.

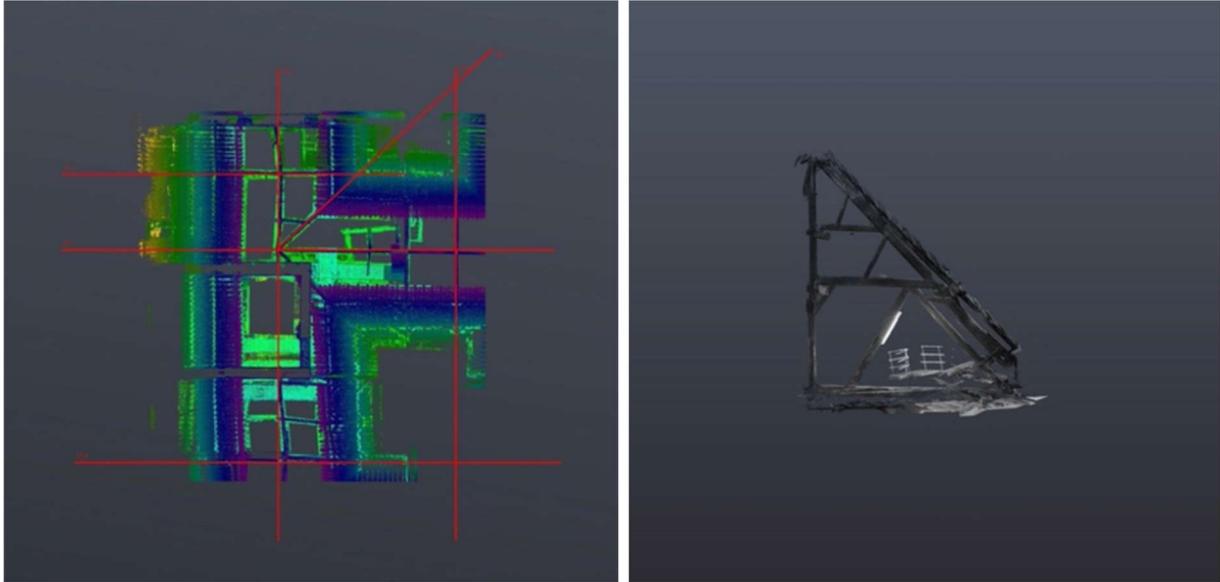


Figure 20 : Captures d'écran dans Recap - Nihant, J., et al., 2022

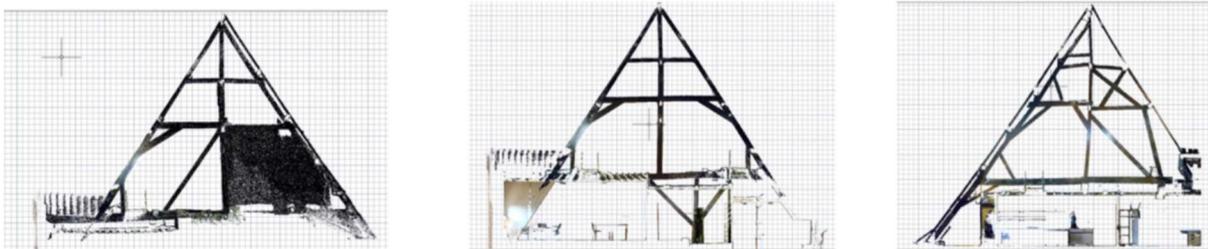


Figure 21: Captures d'écran dans AutoCAD - Nihant, J., et al., 2022

#### 2.1.3.4. Plancher

Le plancher des combles tel qu'il se compose aujourd'hui n'a pas toujours existé au sein de Palais. Ce plancher comportait uniquement des poutres en bois. On suppose que c'est lors de la création de la Cour d'assises en 1881 que le plancher a été complété à partir de solives et de planches en bois. Les longues poutres en bois préexistantes ont fait office d'éléments principaux structurants de la composition, suivi d'un solivage en bois qui a été recouvert à son tour par un simple plancher en bois. Afin de consolider l'arche surplombant les assises et de contrer le fléchissement des murs, des tirants ont été reliés aux poutres maitresses. Ce renforcement a permis de reprendre les efforts de poussée et ainsi de soulager la structure. L'inconvénient de cette composition de plancher en bois est son besoin d'entretien. Au vu de son état actuel, on déduit facilement que cela n'a pas été respecté. En effet, une forte détérioration de la structure en bois est perceptible. L'ossature présente des fissures, des moisissures et des gonflements qui révèlent un problème d'humidité. Afin de soutenir et de renforcer cette structure fragile, une poutrelle en acier a été rajoutée sous les poutres maitresses en bois lors des rénovations.

#### 2.1.3.5. Lucarnes

La lucarne est un élément important dans les constructions depuis de nombreux siècles car elle permet d'éclairer les combles par une ou plusieurs fenêtres. Elle est donc fortement liée à

la charpente. Dans ce Palais se trouve plusieurs lucarnes différentes, les façades étant de différentes époques. De grandes lucarnes à fronton triangulaire couronnent une travée sur deux. Dans cette aile, donnant sur les deux cours du Palais, les lucarnes diffèrent en fonction de la façade. Les lucarnes se trouvant sur la façade Est (celle vers la cour avec le jardin) sont plus imposantes que celles construites sur la façade Ouest (celle vers la cour principale de l'entrée). Les liaisons avec la charpente sont intéressantes (Figure 22). Une pièce de bois possédant une découpe particulière est posée sur une panne. Elle vient ensuite s'emboîter en tenon-mortaise avec les pannes de la lucarne.

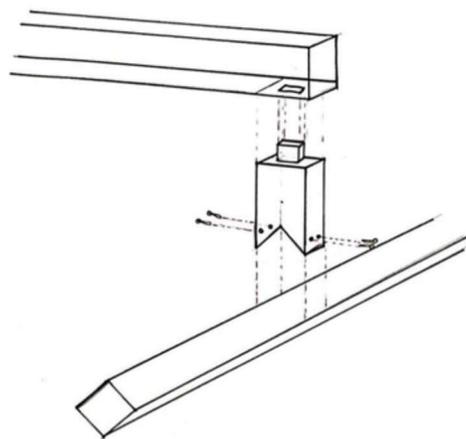


Figure 22 : Liaison entre une lucarne et la charpente - Nihant, J., et al., 2022

On retrouve d'ailleurs ce type d'assemblage sur l'ensemble de la lucarne (Figure 23). Des clous sont parfois présents pour consolider l'assemblage.

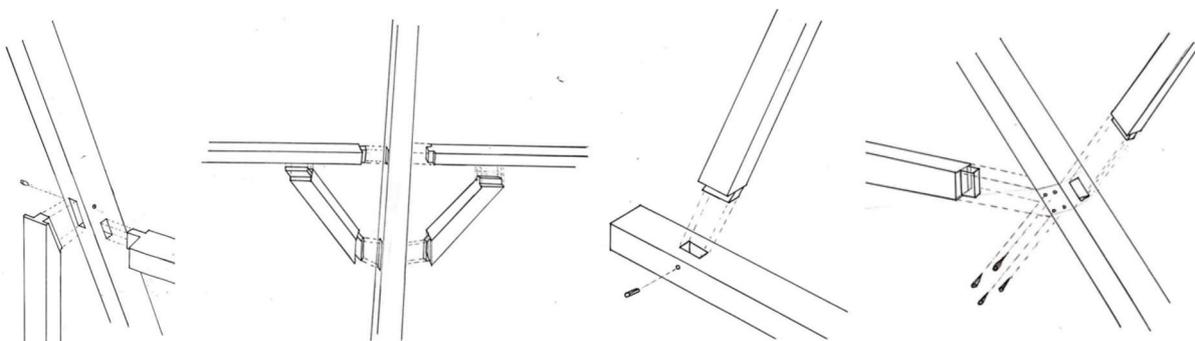


Figure 23 : Assemblages des lucarnes - Nihant, J., et al., 2022

La succession des arbalétriers de la charpente dicte la succession des lucarnes. Cependant, on retrouve 6 lucarnes sur un versant et 5 sur l'autre. Leur écartement et leurs dimensions varient. Il existe donc une indépendance nuancée entre les lucarnes et la charpente.

Cette analyse in situ était une expérience unique. Les démarches qui ont dû être mises en œuvre afin de pouvoir réaliser les visites étaient conséquentes. Nous nous sommes directement rendu compte que son accès était fort limité. Les zones auxquelles nous avons eu la chance d'accéder relèvent un aspect historique exceptionnel.

#### 2.1.4. *Evaluation des valeurs*

Durant le siècle passé, le patrimoine était considéré uniquement au travers du prisme des valeurs historiques associées aux éléments d'origine des édifices. Aujourd'hui, on reconnaît la valeur du patrimoine à travers des aspects tangibles et intangibles. L'évaluation patrimoniale se fait avec la participation d'une grande diversité d'acteurs. Elle n'est plus seulement restreinte au cercle des experts. Tous les acteurs liés de près ou de loin au lieu peuvent être considérés comme étant experts à un certain niveau. Cette question est beaucoup plus complexe de nos jours. Tout d'abord, ce sont dans les valeurs associées aux dimensions matérielles et immatérielles du patrimoine bâti que réside son importance culturelle (Jouan et al., 2021). Les valeurs sont associées à des événements historiques, des expériences personnelles, des émotions. Elles varient dans le temps et dépendent de la société (De la Torre, 2013). Il existe plusieurs systèmes de valeurs pour pouvoir les évaluer et les classer, bien qu'il reste une part de subjectivité. Ces systèmes nous permettent de faire ressortir l'aspect des valeurs et leur importance, dans le but de mieux pouvoir les conserver, les communiquer ou encore s'appuyer dessus pour prendre des décisions concernant des interventions potentielles sur le terrain, notamment grâce à la charte de Burra (ICOMOS, 2013). Un autre document de Susan Macdonald sur l'opéra de Sydney parle également de l'importance de la dimension opérationnelle du projet de conservation. L'évaluation patrimoniale doit pouvoir soutenir la prise de décision (Burke & Macdonald, 2014).

Il semble crucial d'évaluer l'importance culturelle d'un lieu afin de faciliter les décisions à prendre pour préserver et gérer le patrimoine bâti (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

Dans son ouvrage (Araoz, 2011), l'écrivain Araoz aborde le changement de paradigme qui s'est produit dans le domaine de la préservation du patrimoine et définit les valeurs comme « un ensemble partagé de concepts intangibles qui émergent simplement et existent dans l'éther de la conscience publique communautaire ». Selon De la Torre : « le patrimoine n'est plus considéré comme un ensemble statique d'objets ayant une signification fixe ». Il préfère parler de « processus social par lequel tout artefact humain peut être délibérément investi d'une fonction mémorielle » (De la Torre, 2013).

La visite physique des sites patrimoniaux par les personnes impliquées est indéniablement cruciale pour permettre d'évaluer leur signification, et plus particulièrement afin de comprendre le sens du site et identifier certains aspects spécifiques comme le sensoriel (Jouan & Hallot, 2023). Nous décrivons ces aspects lorsque nous évoquerons le modèle de Fredheim et Khalaf (cf. point 2.1.4.1).

##### 2.1.4.1. *Modèles*

Plusieurs modèles ont été élaborés pour permettre d'évaluer les valeurs d'un objet ou d'un site patrimonial.

Alois Riegl propose un des premiers modèles où il distingue les valeurs de remémoration (passé de l'objet) et les valeurs de contemporanéité (attentes modernes) (Riegl, 2003). Les valeurs de remémoration se composent de 3 sous-catégories. Tout d'abord, la valeur d'ancienneté, qui fait référence à un aspect non moderne, à l'imperfection dans les œuvres.

C'est la fascination que l'on peut éprouver devant des ruines ou des monuments en mauvais état. L'abbaye de Fontains à Ripon au Royaume-Uni en est un exemple concret. Ensuite, il parle de valeur historique. C'est lorsqu'un monument représente un stade particulier, unique, d'une création humaine. C'est ici l'état initial de la chose qui est retenu, son aspect d'origine et achevé. Enfin, il y a aussi la valeur de remémoration intentionnelle, qui tient au fait même de l'édification du monument. Les valeurs de contemporanéité sont divisées en 2 sous-catégories. Premièrement, la valeur d'art s'exprime lorsqu'un monument satisfait l'attente du « vouloir artistique moderne » (un style en particulier). Deuxièmement, quand on évalue la capacité d'un édifice ancien à pouvoir accueillir des occupants sans les mettre en danger, on parle de valeur d'usage.

Lemaire, en revanche, ne parle pas de valeur d'usage et d'art, mais bien d'utilité et de beauté. L'ancienneté devient alors du pittoresque selon lui (Lemaire, 1938).

D'après le modèle théorique développé par J. Stephenson sur la typologie des valeurs culturelles (Stephenson, 2008), l'identification des caractéristiques d'un objet permet de les répartir en trois catégories : la forme, la relation et l'usage. Cette approche implique de prendre en compte chaque objet étudié en fonction de ses propriétés matérielles et immatérielles. Il propose que tout objet soit dialogique. De cette manière, la forme concerne les particularités qui sont tangibles de façon naturelle et/ou culturelle. Très pratiquement, cela englobe les structures, les agencements spatiaux, les espaces ouverts et les propriétés naturelles et artificielles. Au contraire, les deux autres catégories comprennent les particularités à caractère intangible. La relation concerne les échanges entre l'individu et le site (incluant la spiritualité, les souvenirs, les récits, la signification du lieu, ...). Les processus et les événements liés au site (événements et processus historiques, systèmes et activités humaines, ...) font partie de la catégorie « usage ».

D'autre part, Buckley pense que nous devrions avoir des perspectives plus inclusives qui tiennent compte d'une plus grande variété de valeurs comme la valeur sociale par exemple (Buckley, 2019).

Plus récemment, Harald Fredheim et Mana Khalaf soutiennent une évaluation des éléments de valeurs en 3 étapes (Fredheim & Khalaf, 2016). Dans la première étape, on se demande de quoi on parle. Quel type d'élément ? Cela peut être des formes matérielles ou non (relations, pratiques, usages). C'est le « quoi ». Dans la seconde, on tente de trouver l'aspect de la valeur : associatif, sensoriel, probant et/ou fonctionnel. C'est le « pourquoi ». La dernière étape, plus complexe, consiste à qualifier la valeur à l'aide de critère comme l'authenticité, la rareté ou encore l'état. Est-ce un élément de grande valeur ? C'est le « combien ». Selon eux, ce modèle « organise l'encodage de données ciblées avec un haut niveau de granularité et permet donc de récupérer des informations personnalisées sur l'importance des objets et de les évaluer » (Fredheim & Khalaf, 2016). Etant un des plus récents systèmes, il est parmi ceux qui tiennent compte du plus de facteurs et qui correspondent le mieux à notre époque. Cependant, il n'est pas parfait, et il pourrait encore être complété. Fredheim et Khalaf eux-mêmes envisagent de le faire évoluer en ajoutant des catégories de valeurs, comme la catégorie émotionnelle (Fredheim & Khalaf, 2016). C'est pour autant le modèle sur lequel nous allons nous baser dans ce travail.

#### 2.1.4.2. Valeurs pour le grand public

L'importance culturelle du patrimoine bâti est reconnue par la société actuelle (Jouan et al., 2021). D'ailleurs, Avrami et Mason nous disent que l'idéal serait de tenir compte de toutes les parties prenantes liées à la conservation d'un lieu, en incluant donc potentiellement une partie du grand public (Avrami & Mason, 2019).

Les dernières années ont vu croître l'intérêt pour l'implication communautaire à travers des processus participatifs. Cela permet de prendre en considération les perspectives de tous les groupes sociaux et acteurs impliqués, dépassant ainsi le seul avis des experts (Heras et al., 2019). Si l'engagement des communautés locales dans la préservation du patrimoine culturel est crucial pour renforcer et maintenir les effets des politiques de conservation, il peut être compliqué dans certaines situations d'atteindre une partie suffisamment représentative de toutes les personnes impliquées, notamment lorsque les lieux sont inaccessibles (Jouan & Hallot, 2023).

Le grand public peut avoir un point de vue intéressant, qui permet d'aider les chercheurs dans les prises de décisions. Par exemple, durant une ancienne exposition de l'Hotel Aubecq, les visiteurs étaient invités à partager les éléments qu'ils trouvaient de valeur. De manière générale, il semble qu'ils sont fortement attachés au fait de distinguer clairement le fragment original et les ajouts (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

#### 2.1.5. *Synthèse des valeurs*

Dans ce travail, nous nous basons en partie sur le modèle de Fredheim et Khalaf pour faire une synthèse des valeurs portées par le cas d'étude. Dans le cadre du cours de projet de Master 1, les étudiants avaient été invités à partager avec le reste du groupe les éléments qu'ils jugeaient de valeur sur base de leurs observations et leurs recherches, en précisant l'aspect de la valeur comme le suggère le modèle de Fredheim et Khalaf, ainsi qu'à estimer la grandeur de cette valeur. Voici les éléments qui sont le plus revenus : les modifications au cours du temps, la typologie de charpente, les techniques de mise en œuvre, les marques de conceptions, et enfin les renforcements structuraux. Au niveau des aspects de valeurs, il apparaît que c'est plutôt l'aspect probant qui est majoritaire pour les différents éléments bien que les grandes dimensions de cette typologie de charpente n'ait pas laissé indifférent les étudiants au niveau sensoriel. Enfin, la dernière étape étant la plus complexe, il est difficile de qualifier la valeur de chaque élément. Cependant, on remarque que les renforcements structuraux semblent être perçus comme des éléments possédant une moins grande valeur que les autres cités précédemment.

#### 2.1.6. *Communication des valeurs*

Le patrimoine reflète la richesse et la variété de notre histoire. Par conséquent, la majorité des objets du patrimoine offrent une multitude d'informations. Cela va de simples éléments matériels à des qualités beaucoup plus tacites et donc complexes. Dans ce mouvement de démocratisation de la culture, on observe une tendance générale à rendre le patrimoine plus accessible au grand public dans le but de sensibiliser les individus à la richesse et la valeur du

patrimoine des autres et du leur. Le patrimoine est aussi souvent diffusé afin de favoriser sa compréhension ou pour susciter l'implication et l'immersion des gens (Nofal et al., 2017).

Ces éléments de valeurs méritent d'être communiqués à différents publics. D'ailleurs, l'amélioration et la transmission des connaissances associées au patrimoine contribuent à la conservation (Hallot et al., 2021). Mais cette communication est un problème complexe. Il existe différents scénarios. Un premier serait de pouvoir proposer des visites physiques sur site. Malheureusement, comme nous l'avons vu, notre cas d'étude est un lieu inaccessible. Un autre scénario serait de tristement abandonner l'idée de communiquer ces éléments de valeurs pour cause d'inaccessibilité. Enfin, pour palier à ce souci, nous pourrions envisager de faire appel à des outils de médiation numérique. C'est dans cette direction que nous poursuivons cette recherche.

## 2.2. Les outils de médiation numérique

### 2.2.1. *Définitions et références bibliographiques*

#### 2.2.1.1. Andrew Vande Moere

Andrew Vande Moere est un professeur en informatique de conception au département d'architecture de la KU Leuven en Belgique. Ses recherches sont orientées vers le potentiel architectural des technologies émergentes (Research X Design, 2024). Il a réalisé des travaux en collaboration avec Eslam Nofal.

Certaines informations portées par le patrimoine bâti sont difficiles à transmettre par des moyens habituels comme les étiquettes de musées ou les guides audio. Les outils qui permettent des interactions tangibles sont eux prometteurs pour communiquer ces informations implicites. Ces interactions ont la capacité d'engager le visiteur d'un musée à accomplir des tâches supplémentaires lors son expérience et de faciliter sa compréhension des valeurs culturelles ainsi que les qualités architecturales du patrimoine bâti. L'évolution récente des technologies numériques conduit à des opportunités innovantes dans le but d'une transmission plus complète, engageante mais aussi amusante des informations du patrimoine. Ces informations ont déjà été représentées via une multitude d'outils comme la réalité virtuelle qui permet de visualiser une reconstitution virtuelle d'un bâtiment patrimonial. On peut aussi citer la réalité augmentée qui plonge les individus dans des récits historiques. L'interaction tangible possède des qualités qui sont prometteuses. Elle est relativement abordable, collaborative et intuitive. Ces qualités ont été démontrées dans plusieurs secteurs d'applications (Nofal et al., 2018).

Comparé aux interfaces utilisateurs graphiques (GUI), les interfaces utilisateurs tangibles (TUI) ne s'arrêtent pas à représenter des objets sous une forme physique abstraite. De plus, elles semblent relativement intuitives. Elles peuvent aussi intégrer des attributs matériels particuliers (forme, taille, texture, poids, couleur) afin de communiquer des informations supplémentaires qui viennent compléter la représentation numérique (Macaranas et al., 2012). Elles sont capables également de profiter de l'expérience des visiteurs dans l'interaction avec des objets du monde réel (Hurtienne & Israel, 2007). La psychologie de l'éducation prouve d'ailleurs que la manipulation des reconstitutions physiques et l'utilisation de TUI facilitent la compréhension globale (Jansen et al., 2015). Ces techniques permettent des formes de transmission des informations plus intuitives et mémorables car elles font aussi appel aux connaissances des utilisateurs pour découvrir le sens, l'usage ou encore la fonctionnalité des objets du patrimoine.

Ce n'est pas surprenant que la valorisation du patrimoine bénéficie déjà des avancées technologiques récentes, et particulièrement des TUI. Des répliques tangibles ont par exemple été mises en place dans des expositions de musée pour apporter des informations supplémentaires en complément des données factuelles présentées (Marshall et al., 2016). Il semblerait même que les spécificités de ce type de communication du patrimoine attirent plus de visiteurs. Leur intérêt serait supérieur car ils explorent davantage et plus profondément les expériences qui leur sont proposées (Ma et al., 2015). Un autre avantage est que ces interfaces

utilisateurs tangibles peuvent s'intégrer à des environnements patrimoniaux extérieurs (Petrelli et al., 2013).

#### 2.2.1.2. Nicolas Navarro

Nicolas Navarro est un docteur en muséologie, médiation et patrimoine. Il est aujourd'hui professeur en muséologie à l'université de Liège. Ses recherches portent notamment sur les outils numériques pour la médiation des patrimoines (applications de visite, expositions virtuelles, etc.) que ce soit au niveau de la réception de ces outils par les visiteurs ou de leur conception (Navarro, 2023).

L'expression « médiation numérique », dans le domaine muséal, séduit fortement les professionnels des musées depuis plusieurs années. Nous voyons de plus en plus l'intégration de médias informatisés dans les pratiques muséales de conservation. Cela fait naître de nouveaux enjeux concernant les liens entre le musée et le public. La médiation numérique est définie comme « un ensemble de processus qui permet l'accès à des informations, savoirs ou ressources au moyen d'un dispositif numérique » (Davallon, 2003). Dans une perspective fonctionnelle de la médiation, cette manière de penser reprend certains travaux consacrés à la médiation culturelle, définie comme l'ensemble des activités qui permettent de rencontrer le public, les objets et les connaissances culturelles (Caillet, 1995) (Lafortune, 2012). Il semble donc que la transition de la médiation culturelle à la médiation numérique, et pas à la potentielle « médiation culturelle numérique », déplace l'importance d'une relation sociale (culturelle) vers une relation technique (numérique). Cela met donc l'accent sur le dispositif en lui-même et non la dimension sociale qui lie le public au musée.

Le numérique apporte un nouvel élément à un réseau déjà étroit de relations entre les musées et leur public. Il est considéré à travers ses aspects techniques mais plus largement comme une culture numérique. Celle-ci engendre de nouvelles formes de transmission des informations (Doueïhi, 2008).

Les appellations « médiation numérique », « dispositifs numériques de médiation », « outils numérique » ou encore « technologies numériques » font appel à une grande variété d'objets et sujets. Il peut s'agir de la communication en ligne des musées à l'aide de sites web, de la conception de musées ou d'expositions virtuels, des réseaux socio-numériques, de dispositifs d'aide à l'interprétation embarqués ou fixes, mais aussi de l'information et de la numérisation des collections patrimoniales (Navarro & Renaud, 2019).

La notion d'interactivité au musée est souvent mise en avant pour illustrer comment les technologies de l'information et de la transmission sont capables de favoriser les échanges entre un récepteur et un émetteur (Vidal, 2014). Dans un premier temps, l'interactivité définit un processus basé sur une logique d'interaction entre l'homme et la machine qui renouvelle peu le modèle linéaire de la communication. Cependant, elle est aussi considérée, à un autre niveau, comme une façon de redéfinir les rôles sociaux dans le contexte de la relation entre le musée et le public (Navarro & Renaud, 2019).

### 2.2.1.3. Nofal

Les moyens les plus fréquents de communication sont les moyens traditionnels, comme les étiquettes écrites ou les audioguides. Cependant, en raison des avancées rapides réalisées au niveau des technologies numériques contemporaines, les données sur le patrimoine sont de plus en plus présentes sous des formes plus interactives et dynamiques, telles que des applications téléphoniques, des sites web ou des univers de réalité virtuelle, voire augmentée (Nofal et al., 2017).

Il existe une grande variété d'outils et de techniques. Il faut alors questionner leur efficacité et leur pertinence en fonction des objectifs, du site et du public visé (Garcia-Fernandez & Medeiros, 2019). C'est ce que tente de faire Nofal. Pour lui, la solution serait des outils numériques basés sur une représentation physique et une interface utilisateur tangible. En effet, certaines valeurs sont difficiles à communiquer car elles possèdent un caractère tactile et abstrait. L'interaction faciliterait la compréhension des connaissances implicites du patrimoine bâti. Il propose un système de classification des outils de communication pour distinguer les niveaux de « phygitalité ». Le patrimoine phygital consiste en des outils intégrant la technologie numérique dans la réalité physique (Nofal et al., 2018). Ce modèle fonctionne avec plusieurs variables pour y situer un outil : son accessibilité (possibilité d'actions des utilisateurs) et par conséquent l'efficacité de la recherche d'informations, ainsi que le niveau d'intégration de ces technologies numériques dans la réalité physique. Cette dernière variable va de « non-situé » pour un outil ne possédant aucun lien physique avec la réalité du lieu, à « situé » pour un outil qui nécessite d'être sur les lieux, comme la réalité augmentée. On obtient des catégories de patrimoine phygital : augmenté, intégré et actionné (Figure 24).

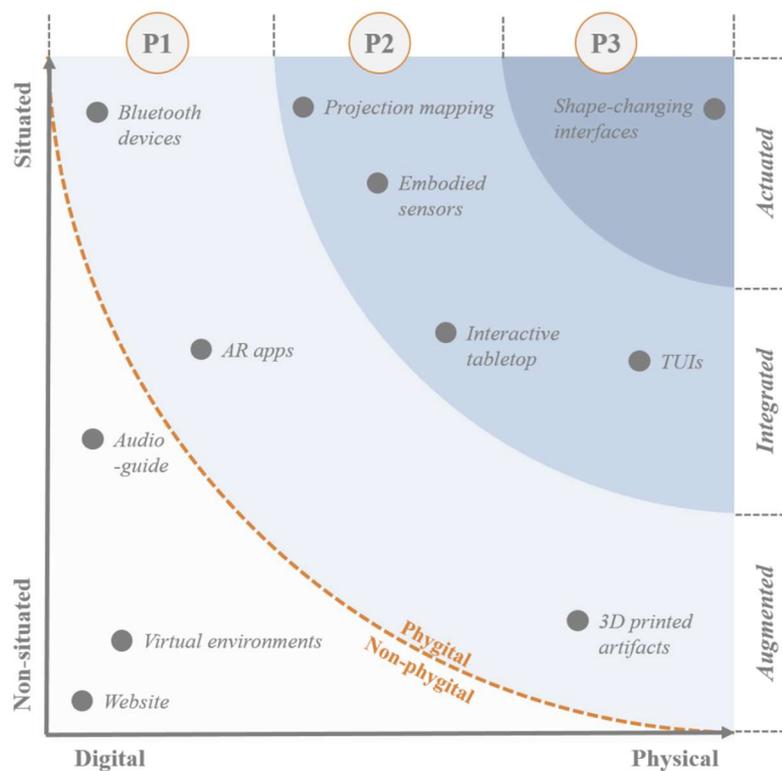


Figure 24 : Modèle de Nofal – Nofal, E., et al., 2017

L'intérêt de cette classification est qu'elle repose sur les caractéristiques des modes de communication et non pas sur le type de données sources (et donc sur les modes d'acquisition) (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

Cette classification pourrait être une aide à la prise de décision sur le choix des systèmes à adopter en fonction du scénario mais il y a encore beaucoup de recherches à faire à ce niveau-là. En effet, ce n'est pas parce qu'un outil est plus phygital qu'un autre qu'il est plus indiqué ou meilleur. La classification en elle-même n'a que peu d'intérêt. Evaluer les techniques en fonction des scénarios n'a pas encore été fait. Nombreux sont les aspects qui jouent un rôle dans la communication des sites patrimoniaux : objectifs, ressources disponibles, public visé, type d'inaccessibilité, échelle, configuration et contexte du lieu. Cependant, les travaux de Nofal pourraient tout de même aider à classer les outils de médiation numérique dans ce travail.

#### 2.2.1.4. Conférence « The Fragment in the Digital Age »

Les monuments culturels et les œuvres d'art sont majoritairement conservés sous forme de fragments. La préservation des monuments dépend donc en grande partie du traitement de ces fragments. Les technologies numériques et leur valeur ajoutée indéniable permettent d'emprunter des voies innovantes pour préserver, rechercher, présenter et communiquer le fragmentaire (Schädler-Saub & Weyer, 2021). Dans ce domaine, nous pouvons apprendre beaucoup de l'archéologie, de l'ingénierie, de la psychologie perceptuelle et de l'informatique. L'interdisciplinarité est donc essentielle.

Une recherche intéressante pour ce travail a été menée sur l'Hotel Aubecq et ses pierres restantes (Schädler-Saub & Weyer, 2021). Dans cette étude, l'hypothèse de départ est que les outils numériques sont utiles pour rapprocher et même concilier des scénarios différents. Cela permettrait de transmettre et donc sauvegarder un maximum de valeurs, sachant que le bâtiment entier était porteur de certains éléments de valeurs tandis que les pierres individuellement avaient d'autres aspects de valeur. Ils décomposent le travail en 3 étapes distinctes :

- Définir les valeurs pour choisir un scénario de valorisation
- Explorer différents scénarios théoriques pour une même valeur
- Evaluer l'adéquation entre chaque valeur et chaque scénario

Ils sont eux aussi reparti du travail de Fredheim et Khalaf pour classer les valeurs, mais aussi du modèle de Stephenson (cf. 2.1.4.1). Ils ont tenté de limiter la subjectivité de leur analyse en se basant sur des valeurs identifiées par différents publics. Les éléments de valeur ont été collecté par des experts mais aussi le grand public via des anciennes expositions comme nous l'avons déjà évoqué (cf. 2.1.4.2).

Ils ont étudié plusieurs scénarios entre une reconstruction complète et un recyclage de toutes les pierres. Ils examinent la variation de chaque aspect des valeurs identifiées selon les différents scénarios. Certains mettent l'accent sur la valeur d'ensemble, d'autres privilégient la valeur des fragments. Un ensemble de six techniques a été sélectionné : un environnement web, un environnement VR immersif, de la réalité augmentée, des dispositifs Bluetooth, le

mapping vidéo et la production d'objets à partir de données numériques. Ils pensent que la combinaison d'outils numériques appropriés avec les différents scénarios pourrait améliorer la préservation et la transmission des aspects de valeur. La possibilité de regrouper dans certains cas les avantages de plusieurs scénarios serait impossible en dehors de l'espace numérique.

Pour extraire le meilleur potentiel par rapport aux différents scénarios, une excellente connaissance préalable de toutes les possibilités des outils numériques disponibles est un prérequis. Dans leur cas, ils disposaient d'une grande quantité de données mais elles n'étaient pas suffisamment fidèles à la réalité pour être utilisées dans différents scénarios. Par exemple, elles ne contenaient pas d'informations de textures qui auraient été nécessaires pour communiquer des aspects sensoriels ou probants, ainsi que pour la réalisation d'objets 3D.

Ils sont persuadés que toutes ces réflexions doivent être intégrées au processus de décision si l'on veut obtenir des projets pertinents. Dans leur conclusion, ils nous disent : « L'approche que nous avons créée pour le cas particulier de l'Hôtel Aubecq pourrait être un point de départ pour la conception d'un outil d'aide à la décision » (Schädler-Saub & Weyer, 2021). Ils précisent que cet outil pourrait permettre à une instance décisionnelle d'évaluer les scénarios de valorisation du patrimoine pour trouver la meilleure transmission possible des valeurs. Comme nous le verrons par la suite, c'est un des objectifs de ce travail.

#### 2.2.1.5. Jouan & Hallot

Dans cette recherche (Jouan & Hallot, 2023), ils proposent une nouvelle méthode d'évaluation de l'importance culturelle des lieux patrimoniaux en utilisant des copies virtuelles et des plateformes web immersives. Il est crucial de sélectionner les méthodes et les outils adéquats pour prendre en compte les jugements de valeur liés à un site. Cela permet de mettre en lumière la réelle signification du lieu pour tous les groupes sociaux concernés. Les chercheurs et les professionnels de la conservation du patrimoine ont petit à petit adopté des approches multidisciplinaires et multi-acteurs afin de créer des représentations plus justes des sites et des objets, comme le soulignent Avrami et Mason (Avrami & Mason, 2019).

En cas d'inaccessibilité, et quelle que soit sa nature et sa durée, les représentations virtuelles des lieux patrimoniaux et les plateformes collaboratives sont capables de jouer un rôle déterminant dans l'amélioration de la participation et de l'accessibilité. Grâce à ces plateformes, il est possible de renforcer la connexion entre une communauté et son patrimoine en utilisant des expériences virtuelles. Ces dernières peuvent aider à communiquer les connaissances tout en collectant des informations essentielles pour soutenir les professionnels dans leur enquête à propos des éléments de valeur. Il est important de considérer l'enregistrement des lieux patrimoniaux comme une évolution simultanée des objectifs, des stratégies et de la compréhension de leur utilité culturelle. Il est essentiel de réaliser une première documentation complète du site en amont de tout projet de conservation. Cela permet de soutenir les professionnels dans leur travail préalable. Certaines technologies peuvent jouer un rôle essentiel dans cette optique. Elles offrent la possibilité de capturer de vastes lieux avec un niveau de détail suffisant (Jouan & Hallot, 2023). Outre leur capacité à extraire des données métriques, les nuages de points peuvent également servir à

visualiser en 3D des lieux (Poux, Billen, et al., 2020). Les environnements virtuels offrent de nouvelles possibilités de collecter des données sur les valeurs liées à un site par de nombreuses personnes, ce qui permet d'évaluer son importance et son sens culturel. Les outils numériques immersifs et interactifs sont largement utilisés dans le domaine du patrimoine culturel, en particulier dans les domaines des musées et de la préservation du patrimoine bâti (Jouan & Hallot, 2023). Ils s'appliquent pour des activités éducatives (Andreoli et al., 2018), pour des expériences touristiques (Poux, Valembois, et al., 2020), pour rendre accessibles des connaissances (Banfi, 2021), ou encore pour communiquer l'importance des lieux patrimoniaux et de ce qui les compose (Graham et al., 2019a). Les copies numériques représentent des outils excellents pour la diffusion des connaissances, l'évaluation des valeurs mais aussi pour conserver un lien entre le patrimoine et les parties impliquées, que ce soit à l'échelle internationale ou locale (Jouan & Hallot, 2023).

## 2.2.2. Critères de comparaison

Il existe de nombreux outils. Chaque technique numérique possède ses avantages et ses inconvénients. Nous allons maintenant évoquer quelques-uns des critères de comparaison.

### 2.2.2.1. Accessibilité du site

Il y a multitude de types d'inaccessibilité au patrimoine bâti (Hallot et al., 2021). Durant la période d'après-guerre, on observe une démocratisation de la culture (Gattinger, 2012). Le patrimoine est devenu une source de valeur et de richesse. Le gouvernement veut le rendre accessible au plus grand public, par des moyens financiers et l'éducation (Evrard, 1997). Au vu de la dimension éducative du patrimoine culturel, il est crucial de garantir l'accessibilité des lieux d'importance pour le public. Mais si certains demeurent inaccessibles, les outils de communication peuvent représenter une alternative pour transmettre des informations à propos du patrimoine (Hallot et al., 2021).

Il existe certaines limites du numérique comme support pour concilier des scénarios de valorisation. L'une d'elles est que ces scénarios dépendent fortement de l'accessibilité du ou des objets patrimoniaux, de même que d'une documentation suffisamment fiable existante permettant toute une série de modélisations ou de reconstitutions.

Si l'on reprend le modèle de Nofal, il existe différents degrés de situation. Cela va d'objets non situés généralement montrés sur les murs d'un musée ou des affiches qui nécessitent que des légendes et des étiquettes textuelles soient ajoutées, à des objets pleinement situés comme des statues, dont le contexte et son interprétation est un élément essentiel à la compréhension de la valeur (Schädler-Saub & Weyer, 2021). Un entre-deux serait par exemple un outil qui s'appliquerait proche de lieu mais pas réellement à l'intérieur. Le site patrimonial pourrait être visible mais inatteignable. Il y a donc association possible. L'aspect de valeur associatif de (Fredheim & Khalaf, 2016) pourrait alors être beaucoup plus fort car nous nous trouverions sur place en sachant qu'on s'intéresse à un lieu situé juste au-dessus de nous. L'inconvénient des outils non situés est d'être physiquement déconnectés de l'objet qu'ils représentent. Au contraire, les applications de réalité augmentée (AR) peuvent replacer les informations communiquées dans un contexte très large car elles les superposent sur un environnement existant. Cependant, en termes de possibilités de médiation associée aux objets matériels, l'environnement muséal offre un cadre plus contrôlé qu'une présentation in situ. La grande fiabilité et longévité des modèles de preuves de haute qualité seraient également mieux garantie par la conservation d'un musée (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

Par ailleurs, un avantage des outils non-situés comme les sites web et la réalité virtuelle est évidemment que leur utilisation peut communiquer les informations patrimoniales peu importe le lieu d'où elles proviennent (Nofal et al., 2017).

### 2.2.2.2. Coût

Les nouvelles acquisitions de données peuvent parfois se confronter à des limites financières. D'ailleurs, bien que les outils numériques se soient imposés dans les sites patrimoniaux, leur conception et mise en œuvre génèrent une certaine appréhension. Il existe des formations qui

détaillent une par une les étapes d'un projet de médiation afin d'être plus confiant dans leur exécution. Les objectifs sont entre autres de maîtriser les différentes phases de mise en œuvre d'un projet de médiation numérique et les livrables associés, de savoir construire un cahier des charges, un planning et un budget, de savoir comment mobiliser les ressources et interlocuteurs nécessaires au bon déroulement du projet, mais aussi d'identifier les particularités de la conception d'un projet de médiation numérique dans le contexte d'un site patrimonial (Centre des monuments nationaux, 2024).

Des ressources suffisantes sont une nécessité pour concevoir un dispositif numérique. L'une des difficultés à acquérir de telles ressources est principalement liée aux frais d'achat ou à la maintenance des appareils. Il est possible que le désir d'intégrer le numérique soit présent, mais si les moyens financiers ne sont pas disponibles, il faudra opter pour un outil moins onéreux. L'une des principales interrogations liées à un projet est : « combien cela va-t-il nous coûter ? ». Cela peut avoir un impact sur la réflexion de l'opérateur et ses décisions concernant l'intégration de tels outils. La problématique du coût peut donc constituer un obstacle à la réalisation d'un projet (Cahay, 2022). Sans oublier les ressources humaines, l'importance des ressources financières est capitale. Serge Chaumier et François Mairesse nous disent : « elles constituent évidemment la clé de bien des projets et il importe pour cela de proposer un budget d'investissement et de fonctionnement réaliste, sincère et le plus complet possible » (Chaumier & Mairesse, 2023). Afin de créer un outil de médiation numérique, il est nécessaire de sélectionner les outils appropriés. Ceux-ci varient en fonction de l'objectif défini et de nombreux autres critères. Ces derniers auront un impact sur la sélection du type de médiation employé. Une décision implique nécessairement d'écarter certaines options et c'est, dans certains cas, le budget qu'il faut prendre en compte en priorité (Cahay, 2022).

### 2.2.2.3. Précision

Le niveau et la qualité de développement d'un outil est un critère déterminant dans la performance de cet outil à transmettre les informations de la manière la plus complète possible (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

Les techniques d'enregistrement 3D comme la photogrammétrie et la lasergrammétrie peuvent aboutir à des copies numériques précises d'un bâtiment. Les nuages de points à haute densité sont considérés comme une base fiable pour une reconstitution tridimensionnelle de la géométrie d'un lieu (Graham et al., 2019b).

Dans le cadre d'un projet, si un environnement VR est choisi pour communiquer des aspects sensoriels ou probants, un niveau de modélisation et/ou une qualité de rendu trop faible sont totalement inefficaces. Si l'on envisage plutôt une production 3D, le résultat final dépendra fortement de la qualité (précision, granularité, exactitude) des données acquises initialement (Bagieu & Macher, 2023).

### 2.2.2.4. Valeurs à communiquer

Certains outils sont particulièrement adaptés à des contextes de valorisation particuliers. Le mapping vidéo est une technique très connue et majoritairement utilisée pour des productions artistiques comme des spectacles son et lumière. Mais elle se développe aussi

comme outil de médiation sur des sites historiques où une projection lumineuse permet de superposer un état passé directement sur des vestiges. Elle peut aussi mettre en lumière des éléments marquants de l'histoire d'un site (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

La représentation des caractères intangibles qui ont un impact sur la perception d'un lieu est la tâche la plus complexe lorsqu'il s'agit de communiquer son atmosphère (Jouan et al., 2021).

Il semblerait que les aspects sensoriels et probants d'une valeur soient les plus difficiles à communiquer à l'aide des outils numériques. En revanche, les aspects associatifs peuvent être traités par de multiples outils (mouvements artistiques, contexte historique, événements, personnes, etc.). Les aspects sensoriels ont besoin d'un très haut niveau de développement des outils afin de suffisamment plonger le spectateur dans un environnement. Le niveau de réalisme et la capacité de faire oublier l'outil technologique sont des aspects inévitables à la bonne perception des sensations. L'aspect probant nécessite une acquisition de très haute qualité afin que la représentation soit la plus identique (par ses caractéristiques) à l'objet réel. Le développement technologique rapide conduit à de nettes améliorations qualitatives dans ce domaine (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

#### 2.2.2.5. Interactivité

La notion d'interactivité semble être importante dans des scénarios de médiation. On peut se trouver dans un cas où on est plutôt dans la narrativité. L'expérience est alors prévue du début à la fin et on entraîne le spectateur en le faisant passer par plusieurs points prédéfinis. Au contraire, certains outils sont interactifs. L'utilisateur est donc beaucoup plus libre et peut se déplacer et manipuler des objets. Dans un cas l'individu est passif, dans l'autre il est actif. Il existe évidemment tous les intermédiaires à ces deux extrêmes. Une narration complète peut malheureusement être ennuyante si elle dure trop longtemps. L'utilisateur montre un intérêt à pouvoir interagir avec l'objet présenté (Navarro & Renaud, 2019).

Parmi les technologies de réalité virtuelle, certaines permettent moins d'interaction avec l'utilisateur que d'autres. Par exemple, comme nous le verrons par la suite, le Fish Tank VR est un système où la personne ne peut absolument pas interagir avec l'environnement virtuel. Il ne peut que l'observer passivement (Gutiérrez et al., 2008). Un des éléments les plus importants avec la VR est l'immersion corporelle. Elle fait appel à des notions de proprioception, de mouvement, de déplacement et de position du corps dans l'espace. Mais plus important encore, ce sont les possibilités d'actions offertes par l'outil à l'individu qui renforcent le sentiment de présence (Soudant, 2021). D'ailleurs, l'expérience de Welch en 1996 va dans ce sens et démontre que l'interaction améliore considérablement le sentiment de présence (Welch et al., 1996). Cette interaction donne un rôle à l'utilisateur, il devient un acteur de l'expérience qu'il vit. Elle lui permet aussi d'intervenir sur le contenu. Nous pouvons identifier quatre catégories d'actions : la manipulation, la sélection, le contrôle de systèmes et la navigation (Hand, 1997).

Les soucis de préservation empêchent bien souvent les visiteurs de toucher et d'interagir avec les objets du patrimoine. Dans la plupart des cas, l'utilisation de répliques par des musées pour résoudre ce problème manque de solutions pour transmettre les informations tangibles (poids, textures, etc.). Elles sont obligées d'être présentées séparément des informations

intangibles (histoire, valeur, etc.). En revanche, on peut considérer les TUI (Tangible User Interfaces) comme plutôt ludiques et intuitives. Elles peuvent être utilisées par les enfants, ce qui ouvre de nouvelles perspectives pour améliorer l'apprentissage par le jeu. Cependant, les musées ne sont pas censés se limiter à une vocation éducative. Ils sont aussi un espace d'interaction sociale fort (Nofal et al., 2017).

#### 2.2.2.6. Perte / ajout possible d'informations

Certains outils permettent d'ajouter des informations afin de mieux communiquer les éléments de valeurs. C'est par exemple le cas de environnements web auxquels il est aisé d'associer des informations à une modélisation 3D (Schädler-Saub & Weyer, 2021). D'autre part, les applications de réalité augmentée permettent elles aussi de mettre en évidence des caractéristiques d'un élément ou même de reconstituer entièrement un contexte historique dans certains cas. Elles peuvent donc enrichir l'expérience grâce à l'ajout de contenu virtuel dans la réalité (Bekele & Champion, 2019).

Les notions d'échelle et de taille sont souvent perdues dans les environnements VR. Des astuces de modélisation comme l'ajout d'objet de taille connue doivent être mise en place afin d'aider le spectateur à en prendre conscience. La technique de projection mapping crée un lien évident avec la réalité et permet donc de communiquer directement ces informations (Soudant, 2021).

D'un autre point de vue, les outils numériques sont parfois très affectés par l'obsolescence rapide, que ce soit de leurs modes de visualisation ou des données acquises. De manière générale, les interventions sur le patrimoine sont censées être stable dans le temps et ne pas être dépassées à court terme. Selon (Schädler-Saub & Weyer, 2021), les mêmes normes devraient s'appliquer dès que des outils de communication sont utilisés lors de la restitution des aspects de valeur associés au patrimoine. Malgré tout, les méthodes d'acquisition et de restitution des informations numériques évoluent très rapidement et amènent toute documentation produite à une obsolescence rapide. Un avantage serait donc de pouvoir faire évoluer ces outils en fonction des avancées technologiques. Plus ces techniques seront fiables et durables, plus elles joueront un rôle déterminant comme outil de conception, de médiation, de conservation, de restauration et de valorisation (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

#### 2.2.2.7. Facilité de prise en main

La VR offre une interaction intuitive (Soudant, 2021). Cependant, si le matériel nécessite des explications avant sa prise en main, la complexité et la longueur de ces instructions sont des inconvénients importants et des obstacles au sentiment de présence. Pendant ce moment, l'individu se concentre sur le matériel et sa manipulation plutôt que sur l'expérience en elle-même (Slater et al., 1994). Malgré cela, le milieu des technologies de réalité virtuelle et augmentée subit une évolution très rapide. Elles sont devenues disponibles et accessibles à un large public (Okulska, 2023). Bien qu'une navigation web comme Google Street View peut paraître désuète, on peut penser qu'aujourd'hui, une majorité de personnes sait comment ce type de technologie fonctionne. Dans cette hypothèse, sa facilité de prise en main peut donc être considérée comme un avantage.

#### 2.2.2.8. Rendu

On peut se demander si le niveau de détail et le rendu qui est visualisé lors d'une expérience a un impact et s'il influence la transmission des valeurs. En fonction des éléments de valeurs à communiquer, y a-t-il un degré de réalisme requis ? Dans notre cas, si le but de l'expérience est d'expliquer une technique d'assemblage, la représentation de la poussière est-elle nécessaire ? Chacune de ces questions pourrait faire l'objet d'un TFE à elle seule. D'ailleurs, Elodie Soudant a effectué son travail de fin d'étude sur la capacité des gens à percevoir les dimensions de l'espace en fonction du niveau de détail d'une modélisation dans un environnement de réalité virtuelle (Soudant, 2021).

Les notions de lumière, d'échelle et de sensibilité sont mieux représentées dans des environnements virtuels que sur une plateforme web (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

Avec un même jeu de données, on peut créer des rendus très différents. Des sociétés spécialisées permettent grâce à des logiciels comme Lumion d'obtenir des rendus réalistes afin de créer une ambiance. Cependant, ces rendus peuvent s'avérer moins justes d'un point de vue de la vérité historique. L'ajout d'informations pour créer ce rendu peut en effet rendre faux l'objet présenté. Tout dépend du but recherché. Ces rendus ont l'avantage d'être plus séduisants pour le grand public et permettent donc de susciter un intérêt chez eux. Mais en termes de transmission des valeurs du véritable environnement, tous ces effets ajoutés sont faux.

Les modélisations 3D et de conception assistée par ordinateur (CAO) sont capables de représenter les dimensions des objets spatiaux. Cependant, les technologies d'animations peuvent aller plus loin encore en recréant des aspects de l'atmosphère d'un lieu (Jouan et al., 2021).

#### 2.2.2.9. Temps alloué pour la recherche

Ce critère peut représenter une contrainte et orienter fortement un projet de médiation numérique. Dans le cas de la recherche sur l'Hotel Aubecq, ils ont travaillé uniquement sur base des vestiges et de la documentation matérielle disponible. L'élaboration d'un environnement de réalité virtuelle représentant l'ensemble de l'hôtel avec un haut niveau de détails, de lumière et de décors n'a pas été envisagé car cela n'est pas faisable avec les connaissances actuelles et représenterait un travail colossal (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

Il est important de savoir que chaque outil de médiation nécessite une acquisition de données différente. La durée de cette acquisition peut varier énormément en fonction du niveau de détails, de l'ampleur, mais aussi de l'objectif final. Elle n'est pas réalisée de la même façon si c'est pour une projection mapping ou une impression 3D (Bagieu & Macher, 2023).

Dans notre travail, cette contrainte de temps joue aussi un rôle relativement important. Nous disposons déjà de certaines données qui ont été acquises, mais leur niveau de précision n'est pas suffisant pour réaliser une expérience VR très détaillée. Il faudrait donc retourner sur place pour effectuer une nouvelle acquisition en fonction de l'objectif final, ce qui demanderait énormément de temps.

### 2.2.2.10. Compétences requises

Dans certaines situations, la meilleure solution est celle qui permet de limiter les besoins de compétences en développement logiciel. C'était le cas dans (Jouan & Hallot, 2023) avec la plateforme IVION.

Dans cette recherche, si nous voulions réaliser une expérience VR très détaillée avec les données déjà acquises, cela demanderait malheureusement des compétences qui dépassent le cadre du TFE. Cependant, un niveau élevé de compétences requises ne garantit pas toujours la qualité d'une expérience. Certains outils plus simples à concevoir comme des vidéos narratives peuvent être parfois tout aussi performants (Nofal et al., 2017).

### 2.2.2.11. Technologies à disposition

D'un ensemble de données acquises numériquement, il existe deux catégories de production/représentation : les plans, coupes et élévations qui sont classiquement utilisés en architecture et les représentations numériques utilisées comme outils de médiation (Schädler-Saub & Weyer, 2021). Selon (Banfi et al., 2019), de nouvelles perspectives s'ouvrent grâce aux technologies de l'information et de la communication (TIC) concernant l'organisation, le partage et le stockage des informations.

La réflexion à propos de la communication des éléments de valeur doit être réalisée préalablement au choix d'un outil ou d'un autre afin d'obtenir des informations adéquates lors de l'acquisition des données en fonction de l'application envisagée. Malheureusement, on voit trop souvent des données qui ne sont pas adaptées à l'objectif final en termes de format, de disponibilité, de qualité et de définition. Cela influence énormément le résultat final.

Parfois, ce sont tout simplement les technologies actuelles qui ne sont pas encore assez développées. Si on prend l'exemple de la réalité virtuelle, le but est d'immerger l'utilisateur dans un environnement. Or, certaines limites comme la résolution ne permettent pas encore une immersion parfaite, bien que l'on tente de s'en rapprocher au maximum (Soudant, 2021).

## 2.2.3. *Outils retenus*

Ces outils sont choisis selon les critères énoncés précédemment et classés selon Nofal. Etant donné que nous nous trouvons dans un cas où le site est inaccessible, l'aspect situé/non-situé perd de sa force. En effet, nous n'avons pas la possibilité de travailler avec des outils ayant un caractère situé fort comme la réalité augmentée par exemple. C'est pourquoi nous allons plutôt nous rattacher au critère d'interactivité avec l'utilisateur pour classer nos outils (du moins interactif au plus interactif). Il existe une multitude d'outils de médiation numérique pour communiquer le patrimoine inaccessible : maquettes imprimées en 3D, visite virtuelle sur un site web, toile échelle 1/1, ... (Hallot et al., 2021). Les outils avec lesquels nous allons poursuivre cette recherche sont la vidéo narrative, la borne holographique, la modélisation 3D annotée et animée, ainsi que la réalité virtuelle. Nous retrouverons ces outils au point 4.2.2, avec certaines explications complémentaires. Nous allons désormais décrire chacun d'eux.

### 2.2.3.1. Vidéo narrative

Le premier outil est donc le moins interactif puisqu'il s'agit une vidéo narrative. L'utilisateur est plutôt un spectateur car il n'a pas de rôle à jouer. Il reste passif et observe simplement ce qui lui est présenté.

Dans l'hypothèse où une image est équivalente à mille mots, une vidéo peut en valoir des millions. Cela implique qu'il est possible de transmettre une histoire de plusieurs millions de mots en une minute ou deux, ainsi que toutes les émotions, les sentiments et les souvenirs que cette vidéo suscite. Une narration est avant tout un récit. Elle se sert des caractéristiques traditionnelles de la narration, telles que les personnages, le conflit et une résolution, afin de transmettre une succession d'événements qui doit susciter l'intérêt du lecteur. Le même principe peut être appliqué à une vidéo en utilisant des images animées. La vidéo narrative ne dépasse généralement pas les 5 minutes. Si certaines vidéos narratives sont beaucoup plus longues (films, émissions de télévision), il est important que la vidéo narrative utilisée comme outil de médiation numérique soit courte et pertinente. Au bout d'une minute, l'attention et l'intérêt de l'individu baisse déjà fortement. Il est donc préférable de ne pas dépasser cette période, sinon nous perdons la majorité du public (Mayonnaise production, 2020).

Les techniques employées sont très variées (récits de carrière, histoires de vie, récits de pratiques, récits libres, entretiens thématiques semi-directifs, etc.) et s'appuient sur les connaissances des sciences sociales, du journalisme et du documentaire. Il existe en effet plusieurs types d'exercice : des « prises » patrimoniales conservatoires, des vidéos scientifiques, des vidéos mémorielles ou commémoratives, des vidéos « civiques », sociales ou politiques, ou encore des vidéos artistiques. Cela dépend de l'environnement et du contexte de production de ces vidéos (Descamps et al., 2011).

Afin de captiver les spectateurs, de plus en plus de réalisateurs de vidéos exploitent l'impact émotionnel des récits. La narration vidéo est déjà une technique assez répandue. D'ailleurs, les experts en marketing et les créateurs tentent fréquemment de communiquer leur message à travers des récits remplis d'enseignements à tirer. Le format narratif possède des avantages. Les récits stimulent nos neurones miroirs et l'hormone ocytocine, qui jouent un rôle essentiel dans notre identification sociale. Cela nous incite à agir et à nous approprier le message transmis. Ces narrations rassemblent donc les parties du cerveau qui sont liées au langage et celles liées aux sentiments. Cela nous donne la possibilité d'agir aisément en associant les émotions à la compréhension du contenu présenté (McKee & Gerace, 2018). La structure de la narration est essentielle pour définir la perception du message par les spectateurs. Si cette configuration diffère légèrement, l'impact n'est pas le même. La vidéo narrative nécessite une écriture précise pour être réalisée. Sa conclusion est un des moments cruciaux pour rendre les informations pérennes dans la mémoire du spectateur. Si elle est correctement réalisée, cela engendre une grande émotion qui les pousse à réfléchir et s'interroger sur les valeurs présentées. Les spectateurs en tirent des leçons très variées selon la valeur qui est montrée en dernier lieu. Il incombe donc de concevoir la conclusion qui provoquera l'émotion que l'on désire chez le public (Checksub, 2023).

Depuis 2003, Nippon Hoso Kyokai (NHK), l'entreprise publique japonaise de radio et de télévision, travaille en collaboration avec l'UNESCO sur la création d'une base de données en ligne de vidéos en haute définition sur le patrimoine. Cette base de données s'est même étendue au patrimoine culturel immatériel à la suite d'une première série de tournages sur les sites faisant partie du patrimoine mondial. Initialement tournées en japonais, les vidéos sont désormais traduites par l'UNESCO en anglais et en français pour un accès web (UNESCO, 2024).

Au printemps 2021, le Service aux publics du Musée L (Musée universitaire de Louvain) a été invité par la cellule Culture-Enseignement de la Fédération Wallonie-Bruxelles à prendre part au projet pédagogique « Mon patrimoine revisité ». L'objectif de ce projet (lancé en septembre 2016) est de créer des liens entre les écoles et le monde culturel. Le Parcours d'Education Culturelle et Artistique (le PECA) du Pacte pour un Enseignement d'Excellence vise à garantir à tous les élèves un accès équitable à la culture et à l'art. Les classes participantes sont invitées à visionner cinq capsules vidéo créées par les musées partenaires. Ces courtes vidéos offrent aux enfants l'opportunité de découvrir le Musée L dans toute sa diversité, en mettant l'accent sur trois de ses œuvres qui font partie du patrimoine belge. Chaque capsule dure environ cinq minutes et a été conçue de façon dynamique, séduisante et bien sûr dans un langage pour enfants. Le public cible a donc une importance non négligeable (Musée L, 2022).

### 2.2.3.2. Borne holographique

Le deuxième outil est la borne holographique. Au niveau de l'interactivité, cet outil ressemble fortement au précédent puisque c'est principalement une présentation narrative qui est proposée à l'individu.

Les technologies se développent énormément et de nouvelles perspectives d'amélioration des techniques de communications apparaissent continuellement. De plus, les possibilités offertes par les technologies de visualisation immersives deviennent des avantages considérables. Leur pertinence est de plus en plus justifiée dans le monde de l'architecture. C'est d'ailleurs sur des sujets de médiation holographique, de vidéo projection, de performance/pensée visuelle et d'aspect cognitif que Aneta Okulska a réalisé son travail de fin d'étude avec l'observatoire de Cointe comme cas d'étude (Okulska, 2023).

La technologie de l'holographie se base sur la nature ondulatoire de la lumière. Thomas Young est le premier à l'avoir démontré en 1801 (Gabor, 1972). Aujourd'hui, elle permet la visualisation de maquettes 3D. Cet outil de communication donne des nouvelles expériences d'immersion aux utilisateurs, et ce, dans des secteurs variés tels que les jeux vidéo, le médical, le territoire, l'architecture, et bien sûr le patrimoine (Okulska, 2023).

Tout comme d'autres technologies de visualisation 3D, l'hologramme attire l'attention de divers acteurs (chercheurs, acteurs des musées et des bibliothèques), qui cherchent, pour différentes raisons, à redynamiser l'engagement des publics avec des contenus peu accessibles ou difficilement visibles. Les divers objectifs de médiation auprès du public non averti s'inscrivent néanmoins parfois comme des objectifs peu définis au sein des communautés d'acteurs qui s'engagent dans la mise en œuvre et le déploiement de ces dispositifs (immerger, éblouir, informer, inciter à fréquenter l'objet qui est montré en hologramme, etc.). Par conséquent, le rôle attribué à l'image holographique est pris en compte en fonction de divers

impératifs dépendants de la vision des parties prenantes et de l'objectif de leur investissement dans des initiatives de digitalisation. La qualité d'image de l'hologramme d'exposition, à la fois hyperréaliste et « magique », rassemble les principaux enjeux (sociaux, éducatifs économiques) de la vulgarisation scientifique et rappelle les discussions sur la médiation des connaissances par l'image. En ce qui concerne le contexte muséal, les nouvelles technologies du visuel font émerger un lien entre « explication » et « expérience » à propos des enjeux culturels (Kovacs & Bolka-Tabary, 2023).

Des images en trois dimensions peuvent être générées par la technologie de l'hologramme grâce à l'enregistrement de l'interférence des ondes lumineuses (Ghuloum, 2010). Le terme « hologramme » tire son origine du grec « holos », qui veut dire « tout », et de « gramma » qui signifie « écriture ». Le mot « hologramme » peut donc être traduit littéralement par « tout écrit » ou « tout enregistré » (Gabor, 1972). Quant aux hologrammes en couleurs, ils ont été introduits pour la première fois en 2015. Cette innovation technologique a été créée par un groupe de laboratoires coréens sous la direction de LG. L'onde émise par la source (lasers) et l'onde réfléchi par l'objet ont été combinées par les chercheurs pour obtenir des « franges d'interférence ». On enregistre ces franges sur une surface sensible, puis on les éclaire à nouveau par un laser, donnant une image en relief de l'objet. On peut percevoir la couleur en utilisant des lasers de teintes variées (Wilson, 2023).

### 2.2.3.3. Modélisation 3D annotée et animée

Le troisième outil est la modélisation 3D annotée et animée. Avec cette technologie, on passe à un niveau supérieur concernant les interactions possibles.

L'avantage principal de cet outil est donc qu'il permet d'associer facilement des informations historiques et contextuelles à une représentation 3D (Schädler-Saub & Weyer, 2021).

L'UMR IRHiS de l'université de Lille, l'unité de géomatique et l'unité de recherche d'Art, Archéologie et Patrimoine de l'université de Liège ont fait naître le projet « eThesaurus ». Pour cette recherche, des œuvres ont été numérisées afin d'en obtenir des copies numériques sous forme de modélisation 3D. Ces données sont consultables par navigateur. C'était un des objectifs. En effet, de nos jours, les technologies web sont les seules à proposer un large éventail d'opportunité de diffusion. La nécessité pour l'utilisateur d'installer une application ou un logiciel est perçue comme un obstacle majeur à son utilisation. DPO-Voyager est un visualiseur 3D et un éditeur de métadonnées utilisé dans l'eCorpus, une base de données dédiée aux modèles 3D du projet eThesaurus. La principale fonction d'eCorpus consiste à relier directement les données à l'objet et à sa structure grâce à des annotations enrichies. Elle établissent une connexion entre un titre, un résumé et un article qui peut inclure des éléments multimédias (liens, images, vidéos, etc.). Les modèles 3D peuvent avoir des représentations différentes comme en lumière non visible ou en radioscopie. Des animations sont aussi possibles en enchainant des scènes. Les informations de mouvement peuvent être stockées pour simuler des mécanismes tels que les aiguilles d'une horloge ou l'assemblage/désassemblage de plusieurs pièces. Les animations de ces modèles sont possibles grâce à des « tours » sur la plateforme eCorpus. L'opérateur peut simplement définir des étapes dans la visualisation en utilisant un « tour ». Le logiciel enregistre les déplacements

d'un point à l'autre et les interpole. Des animations essentielles peuvent être définies comme le montage d'un système complexe ou les variations de lumière. Grâce à l'utilisation de la plateforme eCorpus et de son démonstrateur eThesaurus, les objets numériques en 3D et leurs métadonnées peuvent être largement diffusés et accessibles. L'objectif de cette plateforme est de trouver une solution à la question de l'accès et de la mise en valeur du patrimoine culturel et artistique numérique, qui a pendant une longue période été restreint à seulement certains types de publics, plus particulièrement aux spécialistes du domaine (Gil et al., 2023).

Nous trouvons que l'outil est intéressant, notamment car il peut se situer entre le narratif et l'interactif. L'utilisateur a la possibilité d'être guidé par une visite guidée, mais il peut à tout moment décider de manipuler la modélisation avec les différents outils à sa disposition. Il faut souligner un autre aspect important de cet outil : une technique de médiation numérique perd inévitablement des informations, mais elle peut aussi en ajouter. Le résultat n'est donc pas mieux ou moins bien, mais différent. C'est le cas de cet outil grâce aux annotations que l'on peut associer directement à la modélisation 3D, ce qui est un énorme avantage puisqu'on peut supposer que, même dans l'hypothèse où la charpente de notre cas d'étude serait accessible, seuls les experts pourraient comprendre comment un assemblage de nœud a été réalisé, interpréter des marques de conception, dater les éléments, etc. Cet outil permet aussi d'afficher ou non certaines parties d'une modélisation, afin de mettre en évidence des points particuliers.

#### 2.2.3.4. Réalité virtuelle (casque)

Enfin, le quatrième outil est la réalité virtuelle, et plus précisément ses applications à l'aide de casques VR. Comme nous l'avons vu précédemment, cet outil permet un grand niveau d'interaction entre l'utilisateur et l'objet qui lui est présenté.

Au niveau des technologies actuelles, une restitution 3D précise de la géométrie des lieux patrimoniaux dans un environnement virtuel peut être produite par une documentation numérique, que ce soit pour archiver, représenter, préserver et/ou transmettre des connaissances et des informations. Ces reconstitutions 3D sont obtenues à l'aide de techniques d'enregistrement telles que la photogrammétrie et le balayage laser qui donnent ensuite des nuages de points à haute densité avec l'aide d'autres sources d'information. Ils permettent de reconstituer virtuellement la physique d'un lieu afin de documenter, d'informer et de représenter son état de conservation actuel. Les modèles 3D peuvent aussi aider à la représentation d'éléments intangibles qui sont parfois déterminants dans la perception que l'on a d'un lieu. Certains aspects peuvent être recréés grâce à des technologies d'animation, de rendu ou encore de simulation 3D. La lumière et les conditions d'éclairage sont par exemple des éléments qui peuvent renforcer l'expérience immersive dans un environnement virtuel (Jouan et al., 2021).

Plusieurs auteurs ont écrit à propos du développement des modèles de représentation virtuelle. Choay nous dit que les œuvres architecturales ont besoin d'être visitées physiquement pour être appréciées et comprises. Une simple observation visuelle ne peut pas remplacer cette expérience (Choay, 1999). Selon Shafik Ramzy, un espace ne se résume pas à ses dimensions physiques. La perception d'un site nécessite l'implication complète des sens

(Ramzy, 2015). Brandi, lui, distingue la réalité matérielle d'une œuvre d'art et l'image réelle que l'artiste souhaite transmettre. Des éléments peuvent affecter la perception de l'observateur (Brandi, 1963). En 1979, Norberg et Schulz imaginent le concept de Genius Loci : un lieu possède un caractère distinctif, une atmosphère particulière. L'atmosphère est définie comme une réalité commune du perceuteur et du perçu (Norberg-Schulz, 1979). Sorensen rebondit en déclarant que la dimension subjective des atmosphères les rend compliquées à représenter et que le Genius Loci d'un lieu ne peut pas être recréé à la perfection (Sørensen, 2015). Nous pouvons aussi citer Zumthor qui parle de la complexité des propriétés de la matérialité d'une chose (Zumthor, 2006). Concernant la temporalité, Bader nous dit que l'on développe des sentiments et des émotions dans un lieu avant même d'apprécier la forme architecturale (Peri Bader, 2015). Il nous parle aussi de tous les caractères intangibles qui participent à l'atmosphère d'un lieu. Il souligne d'ailleurs le soin qui a été apporté dans le projet de télécopie des grottes de Lascaux dans lequel ils ont tenté de reproduire la température, l'acoustique et l'éclairage le plus fidèlement possible.

Comme nous l'avons vu précédemment, les environnements VR immersifs ont pour avantage de plonger le spectateur dans le contexte des éléments représentés. L'échelle, la sensibilité et les lumières sont plus importantes que lors de la visualisation des mêmes informations sur une plateforme web (Schädler-Saub & Weyer, 2021). La technologie virtuelle progresse et évolue énormément ces dernières années. On voit une nette amélioration de sa disponibilité. Elle permet une représentation, une communication et une visualisation de données qui est applicable dans d'innombrables domaines (Silva et al., 2003). Les applications dans le domaine du patrimoine virtuel se multiplient. En alliant les outils numériques et les techniques de réalité immersive, on peut préserver, diffuser et simuler le patrimoine. Grâce à ces reconstitutions virtuelles, le patrimoine culturel devient accessible numériquement. Cela est donc très efficace lorsque les sites patrimoniaux sont inaccessibles physiquement (Bekele & Champion, 2019).

Nous pouvons nous demander si un des inconvénients de cet outil ne serait pas que les déplacements des utilisateurs dans un environnement virtuel, peuvent rendre certaines personnes malades, particulièrement avec un casque.

Dans le cadre de ce travail de fin d'étude, les casques VR sont une solution accessible et faisable. C'est un outil qui demande un peu plus de temps pour concevoir une expérience, mais l'université possède des casques qui sont à disposition, notamment pour les TFE. Nous avons l'opportunité de pouvoir les tester.

Elodie Soudant a réalisé son TFE sur l'impact du degré de réalisme d'une visite virtuelle (Soudant, 2021). Ses recherches sur la VR sont très intéressantes pour ce travail. De plus, la méthodologie qu'elle utilise pour son expérience a été une aide pour celle réalisée dans ce travail bien qu'elle ne représente pas la même part de la recherche totale dans les deux travaux. Les informations qui vont suivre proviennent en partie de ce travail et des sources qui ont été utilisées pour le rédiger. Les écrans de VR peuvent être collectifs ou individuels selon le nombre de participants qu'il faut immerger simultanément. Il existe des écrans qui isolent totalement l'individu et qui sont donc complètement immersifs. D'autres sont des écrans portables possédant une zone de visualisation beaucoup plus restreinte. Plusieurs

technologies permettent donc de transmettre la réalité virtuelle. Parmi ces technologies, il y a notamment les head-mounted displays (casques réputés pour leur faculté d'immersion), le Fish Tank VR (où l'interaction n'est pas possible), les écrans portables (grande mobilité), les grands écrans de projection (qui peuvent accueillir plusieurs personnes en même temps) et les CAVE (Cave Automatic Virtual Environment, des grands écrans sur les murs, le plafond, et/ou le sol) (Gutiérrez et al., 2008). Nous nous concentrerons ici sur les casques de réalité virtuelle (head-mounted displays) car c'est la technologie qui allie le mieux interaction et immersion. En effet, ils possèdent deux petits écrans qui donne une vision stéréoscopique, une sortie audio et un système qui change les images perçues en fonction du mouvement de la tête de l'utilisateur (Gutiérrez et al., 2008). La VR peut offrir une visualisation à l'échelle 1/1, ce qui est un élément important d'un point de vue de l'immersion (Soudant, 2021). Lors d'une expérimentation en réalité virtuelle, l'utilisateur a l'impression de « basculer » du monde réel vers l'environnement artificiel. Cette immersion auditive et visuelle est aussi perceptible au cinéma, à la télévision ou lors qu'on joue à des jeux vidéo. On appelle cela l'immersion à distance ou extéroceptive (Soudant, 2021).

## 2.3. Conclusion de l'état de l'art

### 2.3.1. *Constats dans la littérature*

La communication du patrimoine est une chose très importante. Certains sites patrimoniaux ne sont pas accessibles et cette inaccessibilité peut avoir des causes diverses. Cependant, des outils technologiques peuvent être utilisés pour palier à cette inaccessibilité. Ils permettent de communiquer les valeurs patrimoniales des lieux inaccessibles à des publics variés.

Nous aborderons le cas du Palais des Princes-Evêques de Liège, et plus précisément la charpente de l'aile Est de la cour centrale du palais datant du XVIème siècle. Cet élément architectural est d'une grande valeur car il est l'un des derniers témoins de cette époque, notamment dans sa typologie, ses techniques de mise en œuvre, et diverses marques de conception. Ces éléments de valeur ont entre autres abouti au classement du Palais à l'UNESCO par la Division du Patrimoine de la Région wallonne de Belgique en 2008.

L'évaluation des aspects de valeurs est une chose complexe. Il existe de nombreux systèmes d'évaluations. Des auteurs ont construit leur propre modèle. Nous pouvons citer Riegl, Lemaire, De la Torre, Stephenson et plus récemment Avrami et Mason. Un des plus utilisés, notamment au sein de l'université de Liège, est celui de Fredheim et Khalaf. C'est d'ailleurs sur celui-ci que nous nous basons. Il est composé de 3 étapes. L'une d'elles s'intéresse aux aspects de valeur et les catégorise : associatif, sensoriel, probant et/ou fonctionnel.

De nos jours, la diversité des outils de médiation numérique est très importante. Nofal propose une manière de classer tous ces outils avec son principe de « phygital », où il prend en compte l'aspect situé ou non situé d'un outil. Mais il y a aussi d'autres critères que nous pouvons analyser : le coût, la précision, le type de rendu, l'interactivité avec l'utilisateur, la perte ou la possibilité d'ajout d'informations, la facilité de prise en main, le temps alloué à la recherche, les compétences requises, etc. Parmi les outils existants, nous nous focaliserons sur la vidéo

narrative, la borne holographique, le modèle 3D interactif animé, et la réalité virtuelle (casque).

A propos des publics, là encore, on peut constater une grande diversité allant des scientifiques experts au grand public. Ils ne sont pas sensibles aux mêmes valeurs, n'ont pas les mêmes centres d'intérêts, n'ont pas les mêmes compétences pour comprendre certains types de communications et ne sont donc pas adaptés aux mêmes outils de médiation numérique.

Nous constatons donc que c'est foisonnant. Il y a beaucoup de valeurs, d'outils et de publics différents. Toutes ces variables ne sont pas bien structurées. Toutes les expériences existantes ne sont pas facilement comparables entre elles. On remarque un manque de classification et de technique pour les évaluer. De plus, cette grande quantité d'informations, de possibilités et de variables amène à une difficulté de choix lors de l'élaboration d'une nouvelle expérience. Ici non plus, il n'y a pas de protocole qui permettrait de sélectionner les bonnes variables (valeurs, outils, publics) afin de construire une expérience optimale.

### 2.3.2. *Questions de recherche*

La question de recherche initiale avant de réaliser cet état de l'art comprenait plusieurs sous-questions : quelle technologie serait la plus adaptée pour communiquer des aspects de valeur qui doivent être transmis en fonction du public ciblé ? Comment comparer des expériences entre elles ?

Après cet état de l'art, nous pouvons affirmer que la sélection de cette meilleure alternative n'est donc pas une chose facile pour un utilisateur. Dans ce cas, est-t-il possible de faciliter son choix en mettant en place un outil de recherche, un guide, un protocole méthodologique à appliquer ? Et pour y arriver, comment développer une technique de visualisation, de classification méthodologique qui permettrait d'analyser et comprendre les expériences déjà existantes ? De plus, comment faire en sorte que ce protocole puisse s'appliquer à différentes situations de départ à l'avenir ? Ce sont les questions auxquelles nous allons tenter de répondre dans ce travail.

## 3. Méthodologie

---

### 3.1. Objectifs

Premièrement, nous développerons une technique qui permettra d'analyser une expérience existante. Il faudra croiser trois variables (valeurs, outils, publics) pour évaluer une expérience et observer la pertinence de sa combinaison.

Deuxièmement, sur base de la technique développée pour analyser une expérience existante, nous tenterons de mettre en place un protocole méthodologique qui aiderait à choisir la meilleure expérience à produire dans une situation donnée. L'élaboration d'un protocole méthodologique comme celui-ci amène déjà à de nombreuses réflexions. C'est ici une démarche conceptuelle.

Ensuite, nous tenterons de valider cette réflexion méthodologique par une application du protocole développé sur un cas d'étude. L'objectif sera de trouver la meilleure expérience à construire dans ce cas précis.

Enfin, nous testerons cette expérience. Cette vérification plus concrète pourrait être un point de départ afin trouver des pistes d'améliorations au protocole.

Dans le cadre de ce TFE, certaines hypothèses vont être posées et assumées pour éliminer des incertitudes qui complexifieraient fortement la recherche. Nous nous baserons sur des références et les recherches bibliographiques présentées dans l'état de l'art pour justifier nos choix et tenterons d'être le plus objectif possible.

Ce chapitre « méthodologie » est déjà une réflexion à un niveau méta. Il constitue donc un premier résultat de ce travail.

Nous allons commencer par expliquer le processus de réflexion qui a permis d'arriver au mode de représentation final et les concepts qui en découlent, tout en évoquant les problèmes rencontrés.

### 3.2. Croisement de 3 variables

Le croisement entre 2 variables est un phénomène que l'on rencontre très fréquemment. Il peut être représenté sous forme d'un tableau à deux entrées. La combinaison de deux données donnant un résultat. Nous nous sommes donc posé la question s'il était possible d'appliquer ce principe avec trois variables. Nous arrivons à un tableau en trois dimensions qui permet d'encoder trois variables différentes et obtenir un résultat pour chaque combinaison (Figure 25). Ce type de représentation est déjà beaucoup moins fréquent.

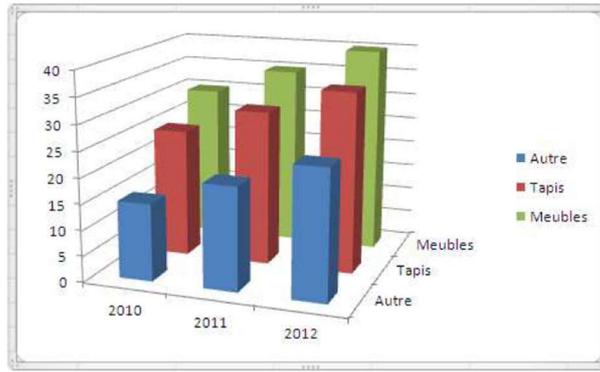


Figure 25 : Tableau à 3 variables - Image Google

Une autre manière de représenter le croisement de trois variables pourrait s'inspirer des principes de choix d'une couleur sur les logiciels de dessin, de graphisme, de photo, ... (Figure 26). Au sein même de cette catégorie, il existe plusieurs façons de choisir une couleur précise. Cependant, on observe une mécanique qui revient presque à chaque fois : le choix se fait en deux temps. En effet, nous devons d'abord placer un curseur dans ce qui pourrait s'apparenter à un tableau à double entrée (longueur d'onde / saturation). Puis, sur un autre axe, nous pouvons choisir si la couleur doit être plus claire ou foncée. Bien entendu, en fonction du mode de représentation, ces trois variables peuvent être interverties. Un autre exemple est lorsqu'on nous invite à d'abord déterminer la longueur d'onde de la couleur que l'on désire, pour ensuite gérer sa saturation et l'aspect clair/foncé sur une surface que l'on pourrait comparer à un tableau à double entrée. Le système est donc toujours fort semblable : nous faisons en sorte d'obtenir un résultat avec deux des trois variables, pour après faire varier ce résultat obtenu grâce à la troisième variable. Malheureusement, notre objectif serait de mettre en relation les trois variables simultanément.

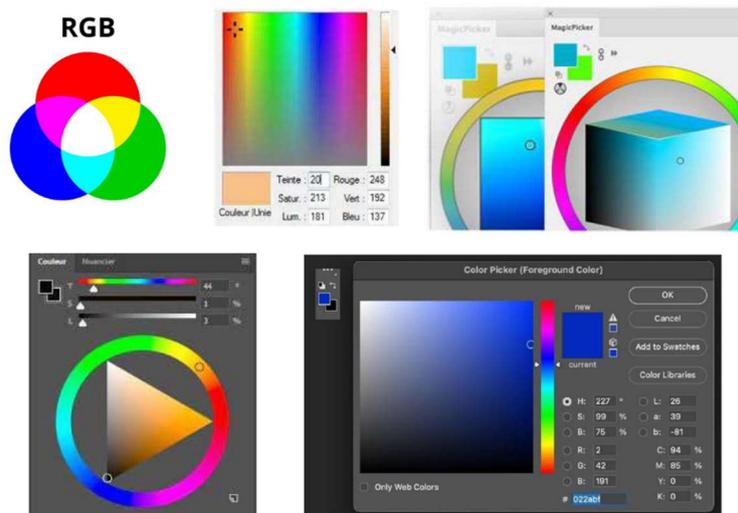


Figure 26 : Modèles de représentation des couleurs - Images Google

Un autre exemple est le principe de la machine à sous dans les casinos. Trois roulettes tournent sur elles-mêmes et s'arrêtent à un moment. Le joueur gagne si les trois roulettes s'arrêtent sur le même symbole. Si l'on transpose ce système à notre sujet, nous pourrions imaginer trois carrés qui peuvent tourner sur eux-mêmes (Figure 27). Il y en aurait donc un par variable (valeurs, publics et outils). Chacun s'arrête sur une des possibilités créant ensemble une combinaison. La pertinence de cette combinaison représenterait la pertinence de l'expérience qui associe ces trois variables.

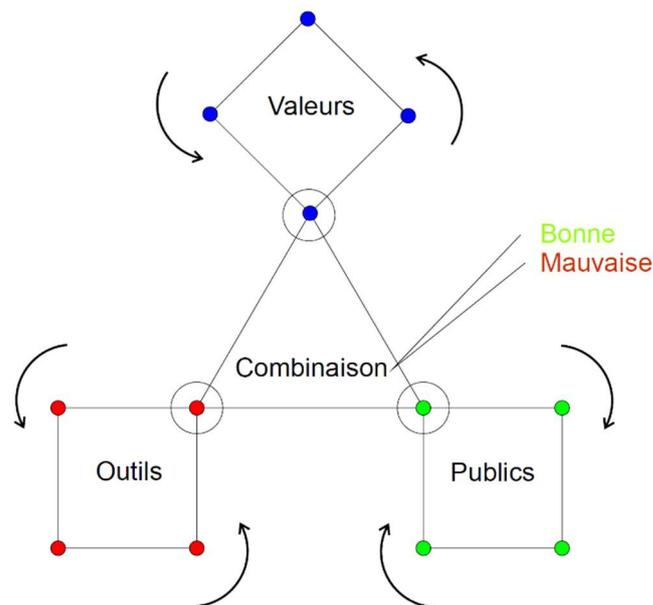


Figure 27 : Principe de la machine à sous appliqué à notre sujet - Réalisation personnelle

D'autre part, nous pourrions encore plus séquencer le choix des variables que dans les modèles de représentation des couleurs évoqués plutôt. Sur ce schéma, nous proposons à l'utilisateur de procéder en plusieurs étapes successives (Figure 28). Il peut choisir de démarrer par la variable qu'il souhaite en fonction des certitudes potentielles qu'il peut avoir. Il pourrait par exemple être sûr du type de public à qui l'expérience est destinée. Sa réflexion se porte alors plus sur l'adéquation entre un outil et des valeurs. Pour les étapes suivantes le choix lui est encore laissé. Selon la situation de base, ce sont tantôt les valeurs, tantôt l'outil, ou encore le public qui est déjà déterminé. Avec ce principe, une flexibilité est possible. Une fois que tous les choix sont effectués, cela nous donne un parcours parmi les étapes. Ce tracé traduit une combinaison précise représentant une expérience à concevoir. Mais nous retrouvons le même problème qu'avec les modèles de représentation des couleurs : les variables ne sont pas mises en relation de manière simultanée.

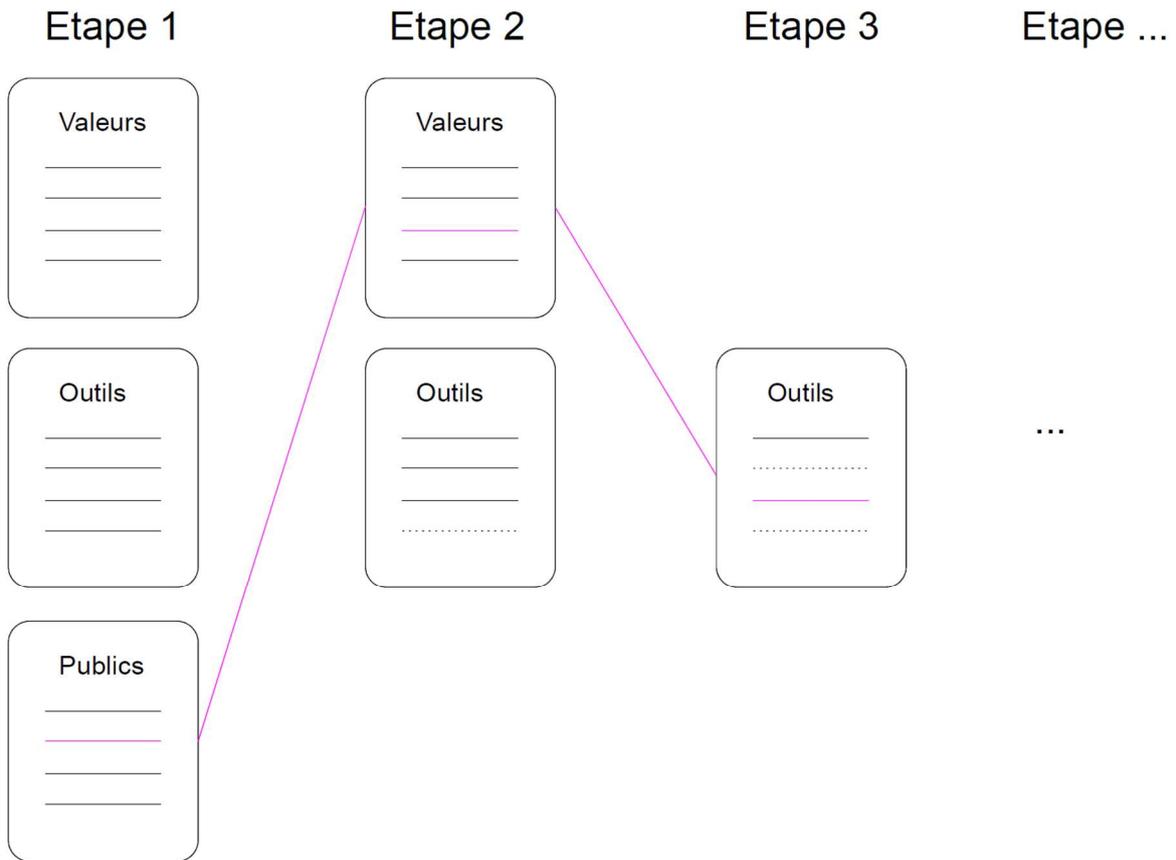


Figure 28 : Schéma des choix successifs - Réalisation personnelle

Cependant, dans la continuité de cette idée de relier deux données par un trait, cela nous fait penser aux jeux/questions où l'on nous demande de faire le lien entre deux éléments qui vont ensemble mais situés dans des colonnes différentes (Figure 29). L'objectif est de retrouver la bonne association. Cet exercice peut également se réaliser avec trois données à relier, se trouvant donc dans trois colonnes distinctes. Cela ressemble plus à notre situation. Ici encore, le tracé complet forme une combinaison précise parmi les trois variables. Malgré tout, dans l'exemple montré ci-dessous, les éléments de la première colonne ne sont pas reliés à ceux de la troisième (rouge).

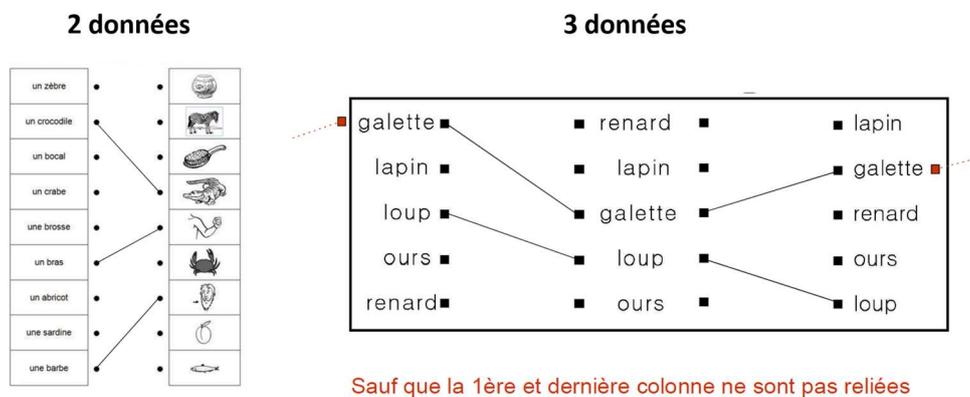


Figure 29 : Jeux de liaisons - Images Google annotées

Cette connexion entre la première et la dernière colonne est impossible car elles sont trop éloignées. Pour résoudre ce souci, nous pouvons passer d'une représentation en deux dimensions en une représentation en trois dimensions. Imaginons que la première et la troisième colonne soient respectivement sur les extrémités gauche et droite d'une feuille. Il suffit de soulever la feuille et de rejoindre les deux extrémités de cette feuille pour lui donner la forme d'un cylindre vertical (Figure 30). Ainsi la première et la troisième colonne peuvent être l'une à côté de l'autre.

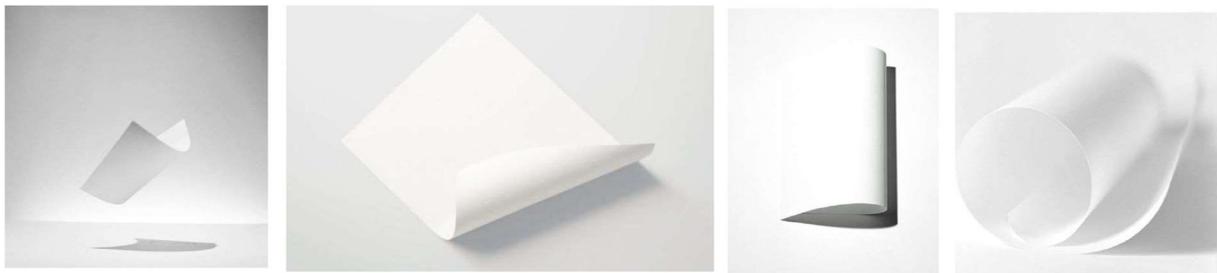


Figure 30 : Formation d'un cylindre avec une feuille - Images Google

Une fois cette forme obtenue en trois dimensions, nous pouvons repasser en deux dimensions en l'aplatissant de manière conceptuelle. Nous arrivons à un schéma comme ci-dessous, où nous avons nos trois variables (valeurs, publics et outils), qui possèdent chacune une série de possibilités représentées par des traits gras noir (Figure 31). En reliant un élément de chacune des variables, on forme un triangle unique qui correspond à une combinaison. Cette combinaison représente elle-même une expérience précise.

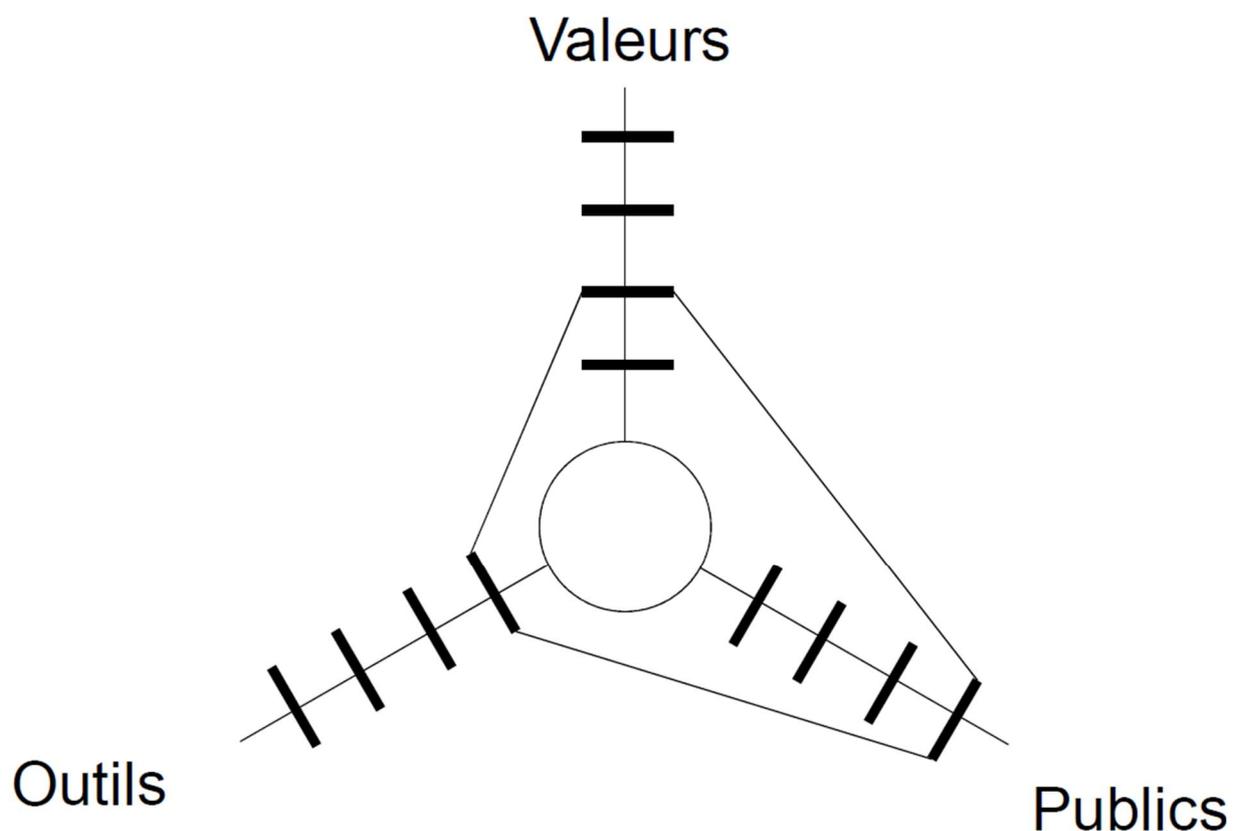


Figure 31 : Schéma à 3 variables

### 3.3. Evaluation

Ce mode de représentation permet un certain nombre de choses, notamment d'évaluer les liens et les combinaisons (qui correspondent aux triangles formés par trois liaisons). Mais c'est là qu'apparaît une question essentielle : comment évaluer ?

Cette question est primordiale car elle va énormément influencer la comparaison graphique et visuelle entre des expériences existantes. D'autres questions se posent. Faut-il qualifier les liens ou les combinaisons ? Si l'objectif final est l'évaluation du triangle, alors faut-il systématiquement passer par l'évaluation des liens ? Nous pensons qu'il est intéressant de séparer cette évaluation globale en deux temps.

Premièrement, nous proposons d'évaluer chacune des liaisons. C'est une étape nécessaire pour ensuite avoir une réflexion sur les combinaisons obtenues. Dans l'évaluation de ses liaisons, nous pouvons rencontrer plusieurs cas. Avant toutes choses, une des questions à se poser est de se demander s'il y a des exclusions ou des incompatibilités. En effet, il existe des publics avec des caractéristiques particulières qui n'ont pas accès à certaines technologies. Dans certains cas, c'est presque binaire : compatibles ou pas du tout. De plus, certains publics peuvent ne pas être (très) sensibles à certaines valeurs. On peut aussi trouver des outils qui n'ont pas la capacité de communiquer certaines valeurs spécifiques. Nous détaillerons ces incompatibilités plus tard (cf. point 3.6.4). Outre les incompatibilités fortes, il y a des liens qui sont bons ou moins bons sans être dans un extrême ou un autre. C'est donc plutôt une tendance qui s'observe dans ces cas-là. Nous pouvons donc distinguer les liaisons entre deux éléments en fonction de leur pertinence : incompatible, mauvaise, moyenne ou bonne.

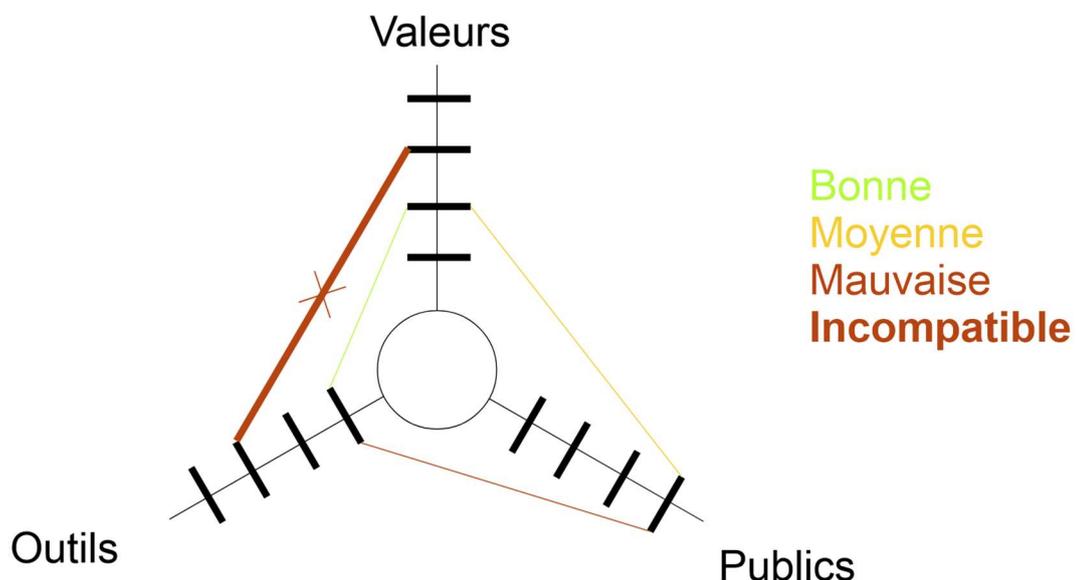


Figure 32 : Types de liaisons - Réalisation personnelle

Deuxièmement, il faut évaluer les combinaisons. Parmi tous les triangles formés, nous pouvons retrouver des triangles ne possédant aucune liaison verte (bonne). Ces triangles représentent donc des combinaisons et des expériences qui seraient peu pertinentes dans le

monde réel. Ensuite, grâce aux couleurs, nous pouvons observer où se trouvent les bonnes liaisons et tenter de construire des triangles avec celles-ci. Si nous prenons un dégradé qui va du rouge au vert comme gradient afin de déterminer la pertinence globale des combinaisons, les premiers triangles évoqués se situeraient plutôt vers la gauche, tandis que les triangles composés uniquement de bonnes liaisons atteindraient l'extrémité droite (Figure 33). Ces derniers représentent donc les meilleures combinaisons possibles.

Sommes des liaisons du triangle formé :



Figure 33 : Evaluation des combinaisons - Réalisation personnelle

### 3.4. Exhaustivité

#### 3.4.1. Critères

Nous avons choisi 3 critères à mettre en relation : les publics, les outils numériques et les valeurs patrimoniales. Nous pourrions en ajouter mais ils ne seraient pas les fondements scientifiques de mon travail. Le prix et le temps nécessaire à la mise en place d'une expérience auraient pu être envisagés dans un mémoire en marketing où un résultat concret est attendu. Dans ce travail, nous n'envisageons donc pas la possibilité d'intégrer un critère supplémentaire. Cela ajouterait une grande quantité de liaisons.

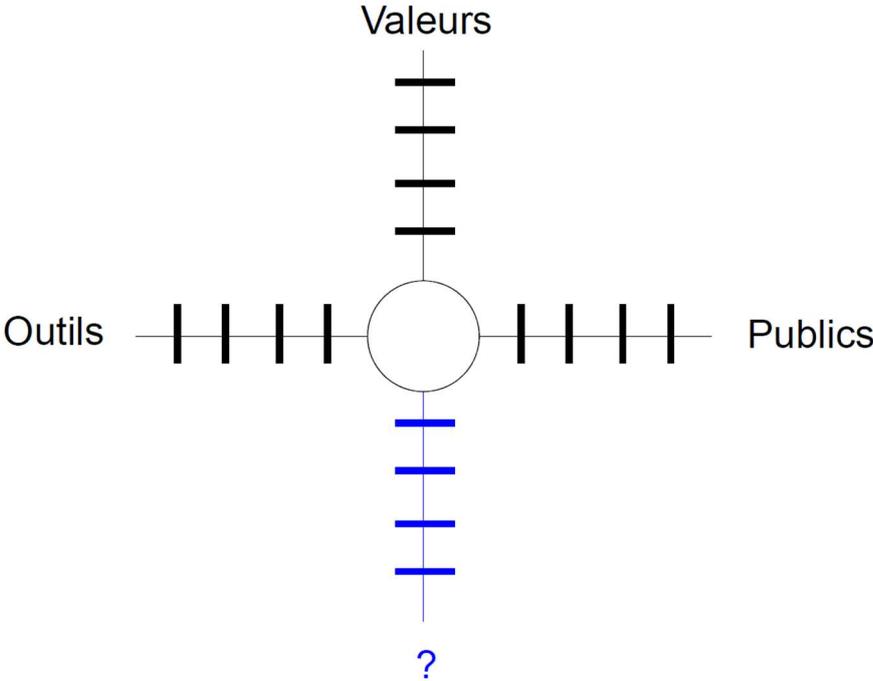


Figure 34 : Ajout d'un critère - Réalisation personnelle

### 3.4.2. Listes

Nous pouvons imaginer deux extrêmes. Un où il y aurait des catégories et sous-catégories précises dans lesquelles tout le monde pourrait y trouver son compte. Et un autre où il n'y aurait aucune donnée de départ, et où c'est à la personne de recommencer d'elle-même le protocole à chaque nouvelle utilisation. Aucun des extrêmes n'est réellement bon car ils ont tous les deux des gros défauts. Concernant le premier, il y aura toujours une nouvelle technologie qui va surgir et qui ne rentrera dans aucune des catégories prévues. Dans le second, c'est le temps nécessaire à la réalisation du protocole qui sera un obstacle important. De plus, nous voulons parfois que tout soit fait pour nous, et d'autres fois, on veut le faire nous-même. En fait, nous partons toujours d'une situation un peu médiane, en fonction de l'investissement que l'on est prêt à fournir : temps, données de départ, qualité des résultats attendue, ...

Dans ce TFE, nous réutilisons des bases proposées par Nofal concernant les outils numériques et Khalaf pour les valeurs car ce sont des références énormément citées, utilisées et validées dans les ouvrages scientifiques comme nous l'avons vu dans l'état de l'art. On décide de s'appuyer sur ces éléments de littératures existants en les considérant comme vrais, en ne les remettant pas en cause. C'est une hypothèse qui est posée. Cependant, si une personne ne souhaite pas utiliser ces références, elle peut en choisir d'autres ou en inventer. Le protocole développé fonctionnerait toujours quelles que soient les catégories mises en place. Il y aurait juste plus de travail afin de remplir leur propre schéma. Si l'on veut ajouter un élément dans une liste, il faut déterminer la pertinence de ses liaisons avec les éléments des autres listes (Figure 35).

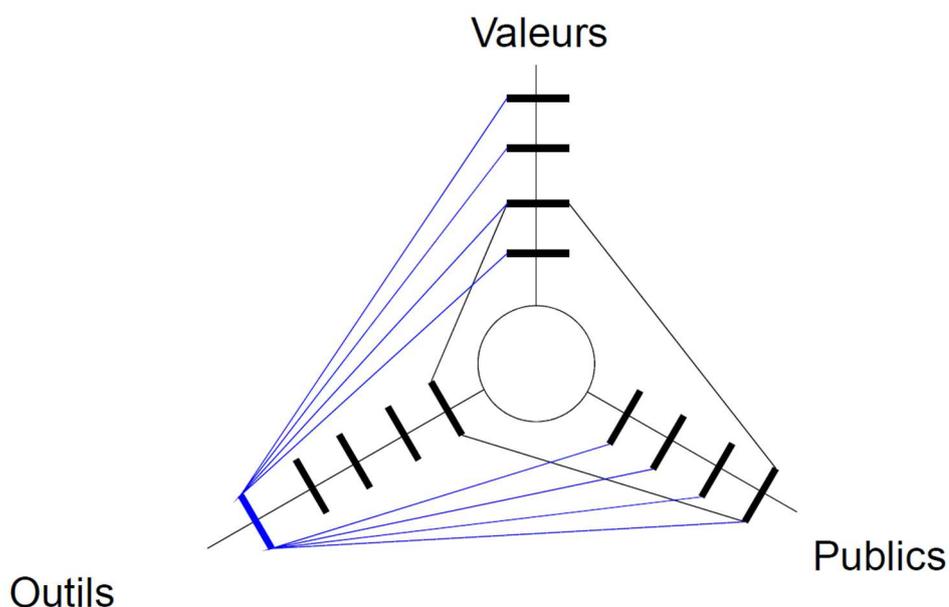


Figure 35 : Ajout d'un élément - Réalisation personnelle

Il faut savoir qu'avec 3 listes possédant chacune 4 éléments on obtient 48 liaisons. Le dessin est donc déjà bien encombré (Figure 36). L'ajout d'éléments ou de variables peut donc représenter un travail conséquent.

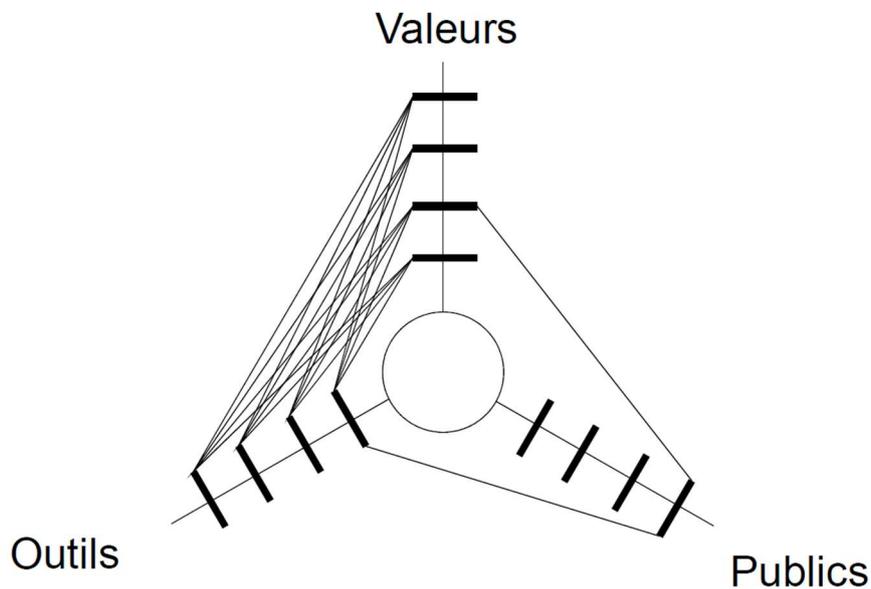


Figure 36 : Encombrement du dessin - Réalisation personnelle

### 3.5. Analyse

Ce n'est pas que de la représentation visuelle puisque l'outil permet de déduire certaines choses. On peut faire rentrer une expérience existante dans le schéma et la décrire à l'aide de cette représentation visuelle. Cela permet également d'analyser des expériences incomparables entre elles de prime abord. Nous pouvons aussi imaginer de représenter plusieurs schémas tirés d'une multitude d'expériences, et les agencer en petites images qui se composent les unes à côté des autres, comme une dalle. La lecture de l'ensemble pourrait permettre de déceler des tendances et tirer des conclusions.

Si nous voulons analyser une expérience déjà existante, nous pouvons la représenter grâce au schéma développé en inscrivant d'abord l'(les) outil(s), la(les) valeur(s) et le(les) public(s) qui sont présents. Ensuite, il faut évaluer la pertinence de chacune des liaisons comme nous l'avons expliqué (cf. point 3.3). Après cela, en prenant du recul, il est possible de repérer plusieurs choses. Tout d'abord, les triangles formés uniquement de bonnes liaisons nous indique que ces expériences-là en particulier sont très pertinentes. L'idéal serait donc de les conserver. D'autre part, nous pouvons aussi observer les moyennes ou les mauvaises liaisons. Cela peut nous faire comprendre que s'il doit y avoir des modifications, il serait important de se concentrer sur ces points-là car ils révèlent une mauvaise adéquation entre les deux éléments concernés.

Comparer des expériences très différentes peut parfois être complexe. Avec cette représentation visuelle, la tâche pourrait être plus facile. Nous pouvons représenter chaque expérience avec son propre schéma. Après l'évaluation des liaisons, nous pouvons repérer

quelle expérience possède le plus de bonnes liaisons et inversement pour la pire. Nous comparons alors la pertinence globale de chacune des expériences. Cela nous permet aussi de savoir dans quelle combinaison il faudrait fournir les ressources pour l'améliorer et surtout quelles sont ses faiblesses.

Enfin, l'analyse systématique d'un grand nombre d'expériences pourrait permettre de déceler des tendances à propos des bonnes ou moins bonnes liaisons et combinaisons en termes de pertinence et d'adéquation. Nous pourrions en tirer des conclusions afin de guider au mieux les futures expériences qui vont être conçues. Il pourrait y avoir une base de données qui reprendrait toutes les analyses déjà effectuées. Ces données seraient une aide pour les concepteurs de nouvelles expériences. Ils pourraient être informés de ce qui fonctionne plutôt bien ou au contraire de ce qu'il n'est plus conseillé de reproduire. Cette application s'inscrit dans la volonté de continuellement produire de meilleures expériences et ainsi transmettre au mieux les valeurs patrimoniales.

## 3.6. Protocole

### 3.6.1. *Introduction*

Maintenant que les concepts ont été énoncés, nous pouvons en faire un véritable protocole à suivre sous forme d'étapes à effectuer les unes après les autres. L'objectif est de se mettre dans la peau d'un opérateur qui va devoir mettre en place un parcours de médiation. Ce protocole permet de déconstruire en différentes étapes et schémas ce nœud conceptuel auquel un opérateur serait confronté. C'est une méthode d'objectivation et de clarification.

### 3.6.2. *Etape 1 : variables*

La première étape consiste à définir le nombre de variables avec lesquelles on va travailler (Figure 37). Comme dit précédemment, nous conseillons de ne pas dépasser 3 variables. D'autant qu'il est toujours possible de faire intervenir des facteurs extérieurs par après pour finaliser le choix.

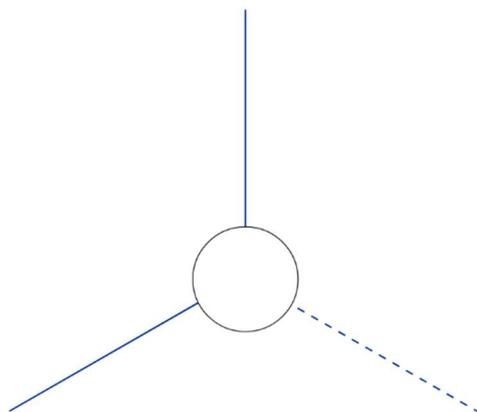


Figure 37 : Choix du nombre de variables - Réalisation personnelle

### 3.6.3. Etape 2 : listes

Ensuite, maintenant que nous avons les variables il va falloir déterminer combien et quels éléments figurent dans la liste de chaque variable (Figure 38). Certains éléments sont déjà analysés dans ce travail (cf. point 4.2) et peuvent être réutiliser si besoin pour gagner du temps.

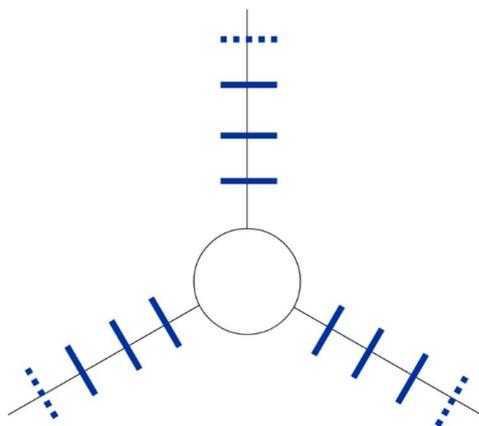


Figure 38 : Choix du nombre d'éléments par liste - Réalisation personnelle

### 3.6.4. Etape 3 : liaisons

Le schéma est rempli avec les différents éléments pour chaque variable. Il faut désormais évaluer les liaisons entre les différents éléments de chaque variable. Si la personne a choisi des éléments parmi ceux que nous proposons dans ce travail, les évaluations de ces liaisons seront déjà faites (cf. annexe 1). En revanche, si la personne a ajouté de nouveaux éléments, elle devra elle-même évaluer ces nouvelles liaisons.

En premier lieu, nous commençons par mettre en évidence les incompatibilités (Figure 39). Par exemple, si, dans les publics, nous avons un public empêché visuellement, nous pouvons dès le début mettre en rouge et barrer les liaisons entre ce public et les outils essentiellement visuels. Ceci est un exemple d'incompatibilité entre un public et un outil, mais il peut aussi y avoir des incompatibilités entre un outil et des valeurs. Si le site patrimonial est détruit ou inaccessible, les outils comme la projection mapping, la réalité augmentée ou tout autre outil qui nécessite d'être sur les lieux ne sont pas utilisables. Enfin, nous pouvons nous poser la question de savoir s'il existe des incompatibilités entre certaines valeurs et certains publics. Cet aspect relève plus d'un intérêt personnel d'un type de public à propos d'une valeur ou, au contraire, d'un désintérêt. Le but serait peut-être alors de faire percevoir ces valeurs à certains publics qui n'en ont pas l'habitude. Si une liaison est mauvaise, on aimerait potentiellement la renforcer pour faire découvrir de nouvelles choses à un public qui semble insensible à un type de valeur de prime à bord.

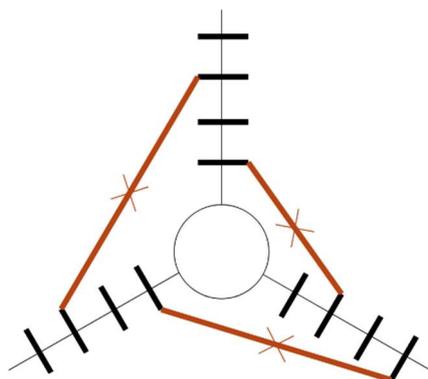


Figure 39 : Incompatibilités - Réalisation personnelle

Ensuite, le reste des liaisons sont à évaluer avec trois niveaux de pertinence : mauvais (rouge), moyen (jaune) et bon (vert) (Figure 40).

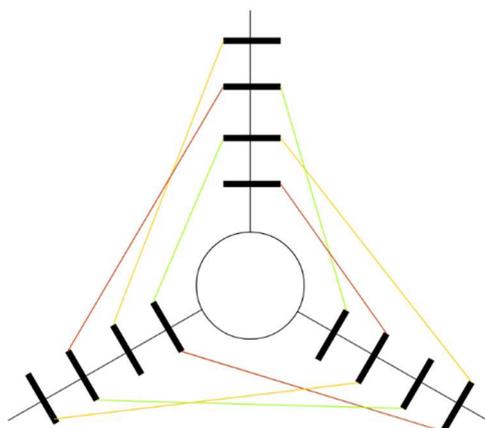


Figure 40 : Evaluation des liaisons - Réalisation personnelle

### 3.6.5. Etape 4 : combinaisons

L'évaluation des liaisons est une chose mais le plus important est la pertinence d'une combinaison. En regardant les schémas et la pertinence des liaisons, on voit apparaître facilement des combinaisons constituées essentiellement de bonnes liaisons (Figure 41). Nous voyons alors ces triangles ressortir parmi l'ensemble des combinaisons. Ces triangles représentent donc les meilleurs choix possibles.

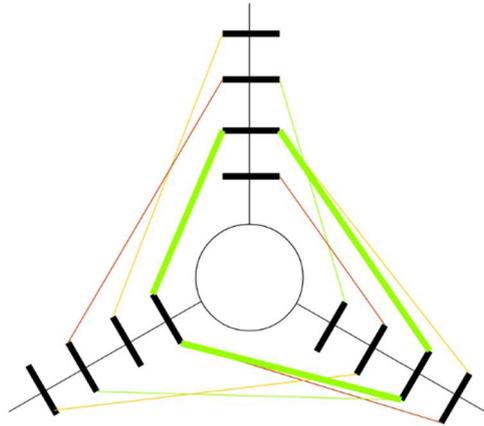


Figure 41 : Exemple d'une bonne combinaison - Réalisation personnelle

### 3.6.6. Etape 5 : choix

Il est possible d'obtenir plusieurs bonnes combinaisons. C'est donc ici que nous faisons intervenir un(des) des facteur(s) extérieur(s) supplémentaire(s) pour véritablement finaliser le choix. Une fois la meilleure combinaison choisie, il ne restera plus qu'à la mettre en œuvre.

D'autre part, cette combinaison choisie peut servir de point de départ à une expérience plus complète. A partir du moment où l'on décide de se concentrer sur un outil en particulier, nous pourrions nous intéresser à tout ce que cet outil est capable de montrer, et pas seulement la combinaison qui a été choisie. Quels seraient les autres publics et valeurs qu'il est possible de relier avec cet outil ? D'autres combinaisons peuvent être trouvées en partant de l'outil choisi. Si des efforts sont mobilisés pour mettre en place une expérience concentrée sur un outil, autant les rentabiliser au maximum. Dans notre représentation schématique, cela reviendrait à conserver un des sommets du triangle choisi (outil) et voir quels autres triangles peuvent être formés en faisant varier les 2 autres données (Figure 42). Dans la majorité des cas, c'est l'outil qui ne varie pas dans la formation de nouvelles combinaisons. En effet, dès lors qu'on se lance dans le développement d'une expérience, on est contraint de continuer avec l'outil choisi. De plus, comme nous l'avons mentionné, l'expérience qui est activée s'adresse d'abord à un type de public, mais elle peut aussi en profiter pour renforcer les liens plus faibles entre certains publics et certains outils ou valeurs.

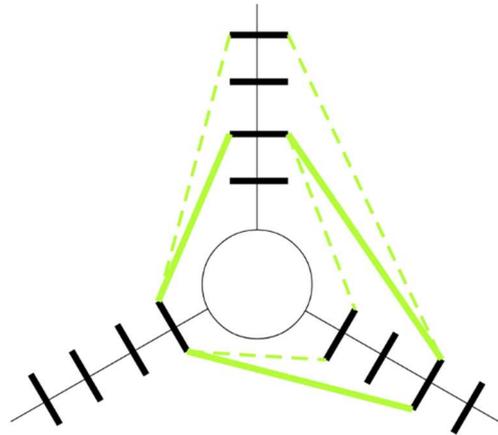


Figure 42 : Polyvalence potentielle - Réalisation personnelle

Le choix est donc la dernière étape du protocole, et il découle du raisonnement en amont. Cela évite de plonger précipitamment sur un outil en particulier pour les mauvaises raisons (popularité, attraction touristique, argent, ...) sans se questionner sur les capacités réelles de l'outil, ses avantages et ses défauts.

### 3.6.7. Conclusion

Ce chapitre méthodologique et incluant la mise en place d'un protocole est un premier résultat de recherche. On explique comment on compose le graphique et comment on l'utilise. C'est une sorte de mode d'emploi. Une personne peut donc l'utiliser et refaire le raisonnement qui a été imaginé (Figure 43). Elle peut se servir des éléments déjà analysés, en termes de pertinence des liaisons et/ou des combinaisons en fonction des similitudes avec l'application qui est faite dans ce travail (cf. point 4). C'est comme un guide qui fait gagner du temps. Sinon, elle peut refaire le travail en se posant les mêmes questions. Si la personne remet en cause tous les choix, elle peut tout de même réutiliser le protocole en faisant ses propres évaluations.

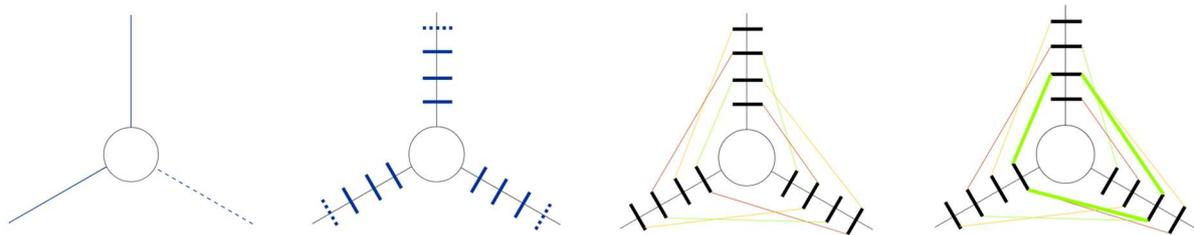


Figure 43 : Vue globale des étapes du protocole - Réalisation personnelle

## 4. Application du protocole au cas d'étude

---

Dans ce chapitre, nous allons nous servir du cas d'étude et montrer que le protocole méthodologique développé fonctionne. Ce cas d'étude est celui décrit précédemment, à savoir la charpente du Palais des Princes-Evêques de Liège.

### 4.1. Etape 1 : variables

Nous choisissons de travailler avec trois variables : publics, valeurs et outils (Figure 44).

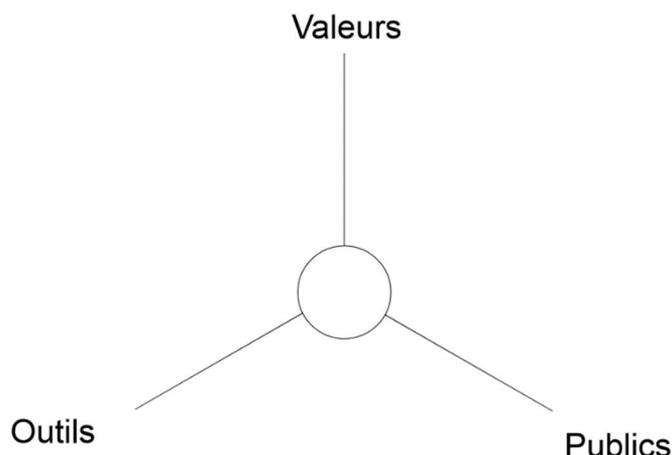


Figure 44 : Choix des variables - Réalisation personnelle

### 4.2. Etape 2 : listes

Nous choisissons de prendre quatre éléments par liste.

#### 4.2.1. *Publics*

Les publics sont choisis selon plusieurs critères. Nous tentons de prendre des publics cohérents avec une potentielle mise en place d'une expérience. De plus, nous souhaitons avoir une certaine variété qui propose un large éventail de publics différents. Enfin, le critère de disponibilité est indispensable pour le test de l'expérience choisie qui viendra ensuite (cf. point 5).

Nous obtenons donc quatre publics distincts :

- Le grand public
- Les travailleurs du Palais
- Les spécialistes du patrimoine
- Les étudiants en architecture

Nous pouvons imaginer que chacun de ces publics a un intérêt initial. Le grand public représente une quantité énorme de personnes. Cette catégorie englobe tellement de gens qu'il est possible d'imaginer une multitude de sources d'intérêt (habitants de la région,

passionnés du patrimoine bâti, etc.). Ensuite, il paraît intéressant de potentiellement proposer aux travailleurs du Palais une expérience qui leur en apprend plus sur leur lieu de travail. Sans cela, ils ne prendront peut-être jamais la peine de s’y intéresser par eux-mêmes. Les spécialistes du patrimoine, quant à eux, présentent un intérêt évident pour ces éléments de grandes valeurs. Enfin, nous pensons que les étudiants en architecture ont un intérêt pour plusieurs raisons. D’une part, nous parlons d’un cas d’architecture exceptionnel comme nous l’avons vu dans l’état de l’art. D’autre part, de nos jours, l’utilisation d’outils numériques est une pratique omniprésente dans les études d’architecture.

Outre l’intérêt initial de chacun des publics, nous pensons que la création de liens entre deux univers pour l’instant distants est une notion intéressante. L’utilisation des technologies numériques est souvent associée à l’espoir d’atteindre de nouveaux groupes cibles : les personnes habitant loin, les habitants des zones rurales ou la jeune génération grâce à de nouvelles formes d’interaction numérique (Schädler-Saub & Weyer, 2021). Lorsqu’on réalise une médiation sur le web, on peut toucher un public très large de gens qui ne sont peut-être pas du tout intéressés par le sujet initialement. Un autre exemple est la médiation à l’aide d’un jeu vidéo (comme Minecraft par exemple). Cet outil permet de toucher des gens habituellement peu en contact avec des éléments du patrimoine (Garcia-Fernandez & Medeiros, 2019).

De plus, ces quatre publics permettent d’envisager la mise en place d’une expérience à des endroits très différents. Pour le grand public, cela peut se faire dans un musée, tandis que pour les travailleurs du Palais, il semblerait intéressant d’introduire l’outil au sein même du Palais, sur leur lieu de travail. L’association peut être très forte dans ce cas-là. En ce qui concerne les spécialistes du patrimoine, de nombreux endroits peuvent être envisagés, que ce soit en musée, au Palais, en laboratoire, sur internet, etc. Enfin, l’université pourrait être un cadre optimal pour toucher un maximum d’étudiants, de même qu’internet.

#### *4.2.2. Outils*

Nous allons réutiliser la liste des outils retenus qui a été entamée dans l’état de l’art (cf. point 2.2.3). Les outils sélectionnés (classés par niveau d’interactivité) étaient donc :

- La vidéo narrative
- La borne holographique
- La modélisation 3D annotée et animée
- Le casque de réalité virtuelle

Comme énoncé dans l’état de l’art, cette sélection s’est faite en prenant en compte les critères de comparaison analysés (cf. 2.2.2). Dans ce travail, nous éliminons directement les outils qui ont besoin d’un accès direct au site patrimonial car, comme dit précédemment, la charpente est inaccessible.

#### *4.2.3. Valeurs*

Pour établir la liste de valeurs, nous reprenons la synthèse qui a été faite dans l’état de l’art (cf. point 2.1.5). Nous avons cinq éléments de valeur. Or, dans cette application du protocole, nous

avons choisi de travailler avec quatre éléments par liste. Dans la synthèse de l'évaluation des valeurs basée sur le modèle de Fredheim et Khalaf, nous avons conclu que, parmi ces cinq éléments de valeur, les renforcements structuraux semblaient être d'une moins grande valeur. Ce constat avait été fait dans la troisième et dernière étape de l'évaluation des valeurs du modèle de Fredheim et Khalaf, à savoir, la question du « combien ». C'est donc cet élément que nous allons mettre de côté dans le cadre de cette application. Nous obtenons alors quatre éléments de valeur :

- Les modifications dans le temps
- La typologie de charpente
- Les techniques de mise en œuvre
- Les marques de conception

Toutes les listes sont donc maintenant remplies (Figure 45).

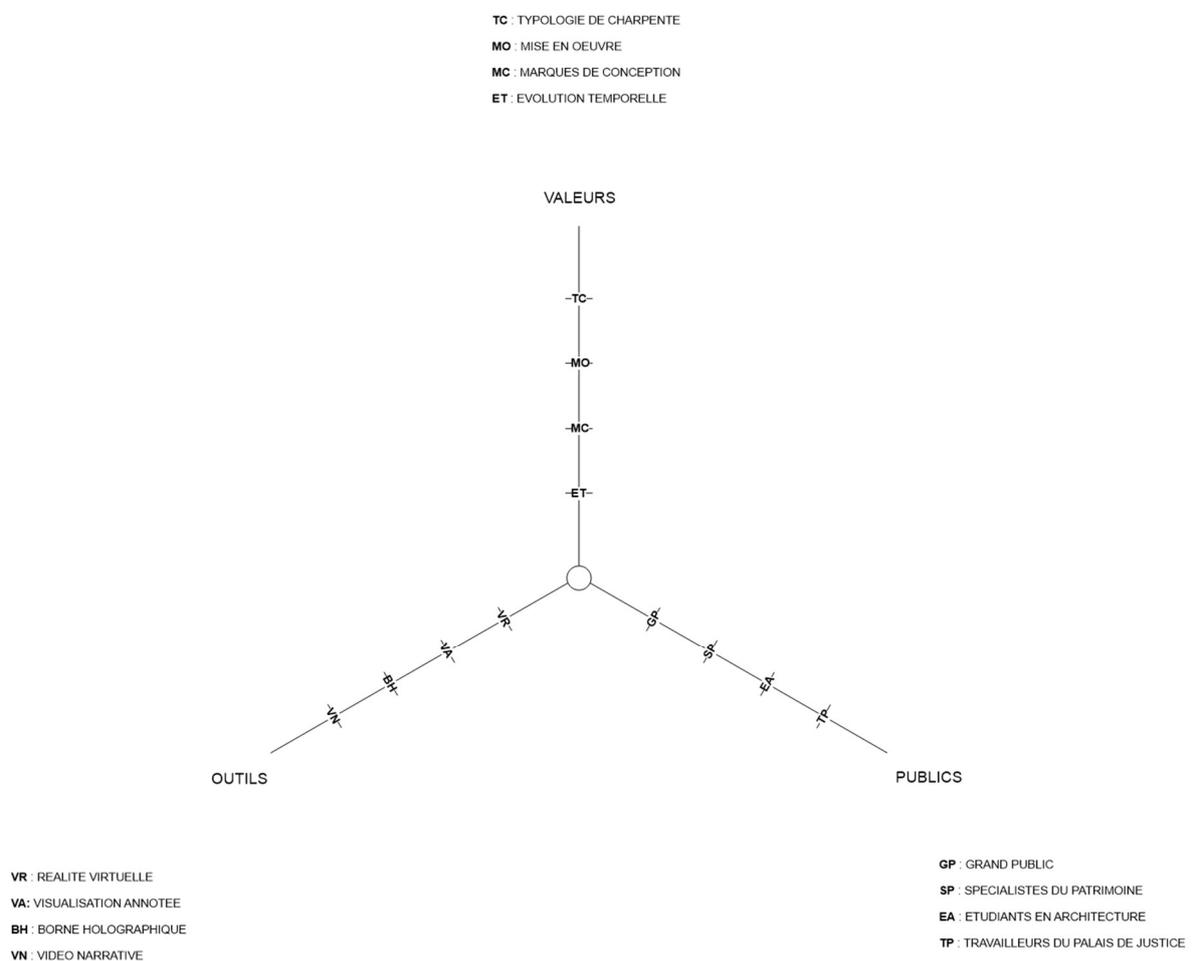


Figure 45 : Listes des éléments pour chaque variable - Réalisation personnelle

### 4.3. Etape 3 : liaisons

Nous devons désormais évaluer la pertinence de chaque liaison (Figure 46). Celle-ci est déterminée en prenant toute une série de choix qui sont soumis à une certaine subjectivité. Le tableau en annexe reprend chaque liaison et justifie en quelques mots pourquoi nous

estimons qu'elle est bonne/moyenne/mauvaise (cf. annexe 1). Il montre que l'ensemble des possibilités a été questionné.

Nous regardons d'abord les potentielles incompatibilités. Etant donné que nous sommes dans une situation où le site patrimonial est inaccessible, les outils qui fonctionnent en étant sur les lieux ne sont pas compatibles. Mais comme nous l'avons vu plus haut, ces outils ont déjà été éliminés lors de la composition de la liste. Ils n'apparaissent donc pas dans les schémas. Dans notre situation nous n'avons pas non plus d'incompatibilité forte entre un public et un outil, ou entre un public et un élément de valeur.

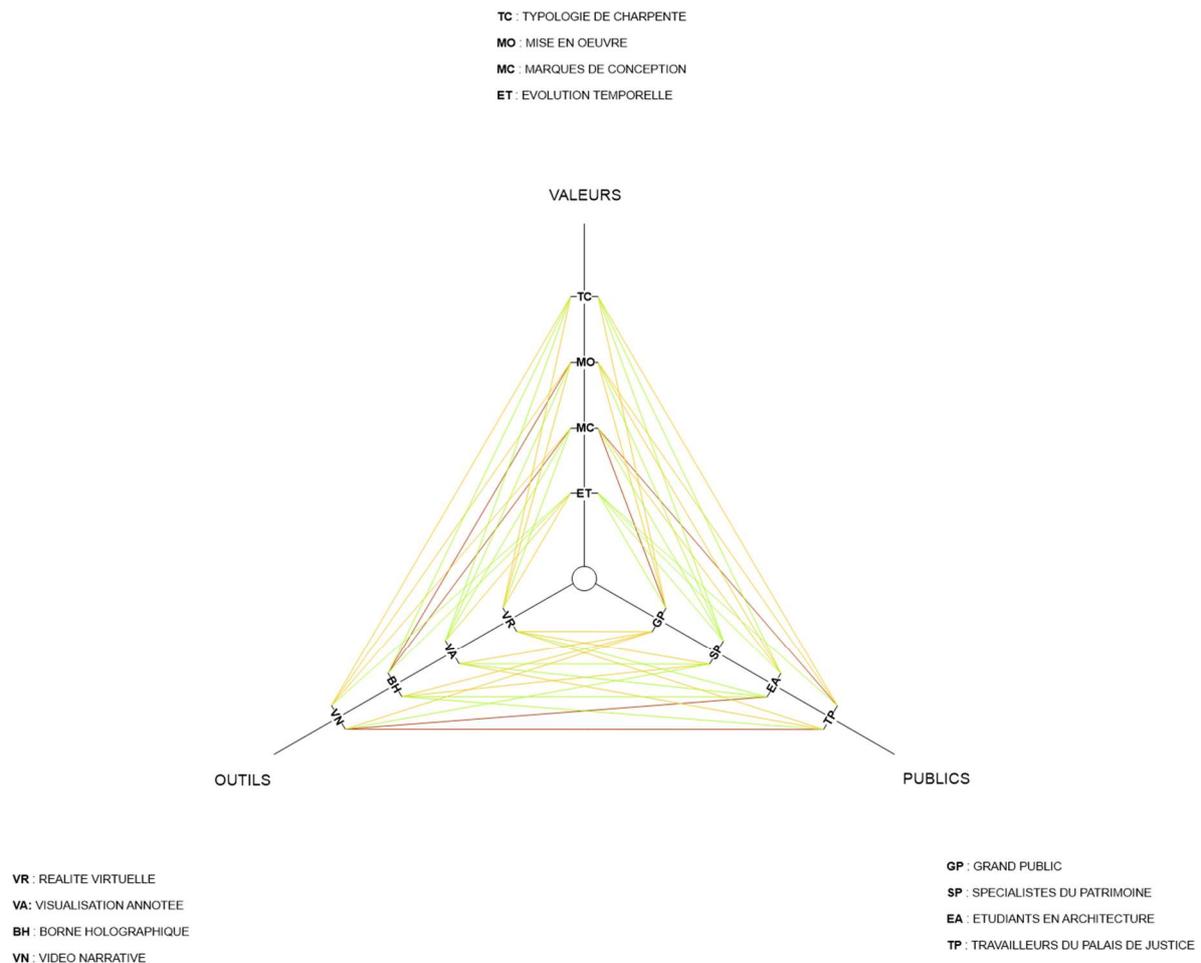


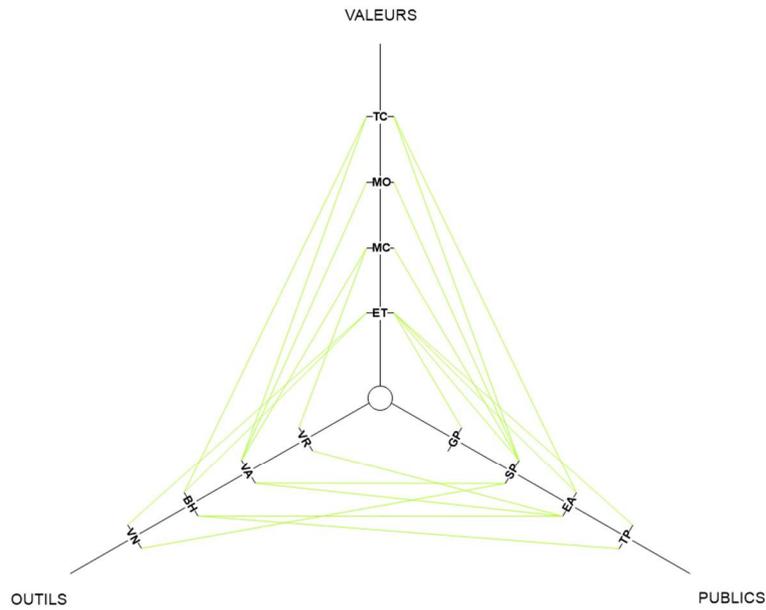
Figure 46 : Evaluation des liaisons (application) - Réalisation personnelle

Pour rappel : les mauvaises liaisons sont représentées en rouge, les moyennes en jaune et les bonnes en vert.

#### 4.4. Etape 4 : combinaisons

Au total, il y a énormément de combinaisons possibles. Le schéma présenté précédemment permet de représenter l'ensemble des possibilités et de les analyser. Tout d'abord, on observe des combinaisons qui ne sont pas formées de trois bonnes liaisons. Elles ne font donc pas partie des meilleures combinaisons et sont par conséquent éliminées. Si nous ne gardons que les meilleures combinaisons, nous obtenons le schéma suivant (Figure 47).

TC : TYPOLOGIE DE CHARPENTE  
 MO : MISE EN OEUVRE  
 MC : MARQUES DE CONCEPTION  
 ET : EVOLUTION TEMPORELLE



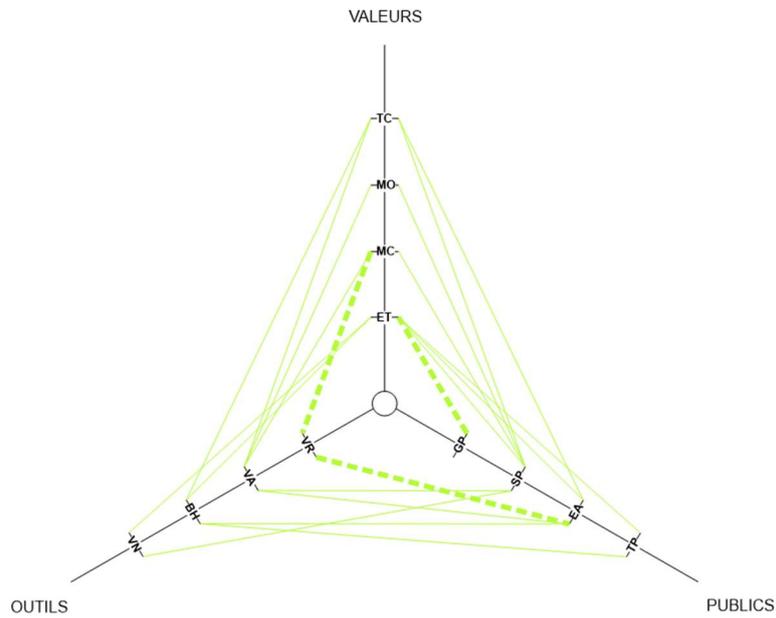
VR : REALITE VIRTUELLE  
 VA : VISUALISATION ANNOTEE  
 BH : BORNE HOLOGRAPHIQUE  
 VN : VIDEO NARRATIVE

GP : GRAND PUBLIC  
 SP : SPECIALISTES DU PATRIMOINE  
 EA : ETUDIANTS EN ARCHITECTURE  
 TP : TRAVAILLEURS DU PALAIS DE JUSTICE

Figure 47 : Meilleures combinaisons - Réalisation personnelle

On observe que, dans certains cas, un outil permet d'exposer un ou plusieurs types de valeurs mais il ne rencontre pas de public adapté. Le triangle n'est donc pas fermé, car seulement deux segments sur trois sont des liaisons pertinentes. Ce phénomène peut également se produire dans d'autres sens, où c'est par exemple la liaison entre la valeur et l'outil qui n'est pas assez pertinente. Ces combinaisons sont donc également éliminées lorsque que le tri est effectué (Figure 48).

TC : TYPOLOGIE DE CHARPENTE  
MO : MISE EN OEUVRE  
MC : MARQUES DE CONCEPTION  
ET : EVOLUTION TEMPORELLE



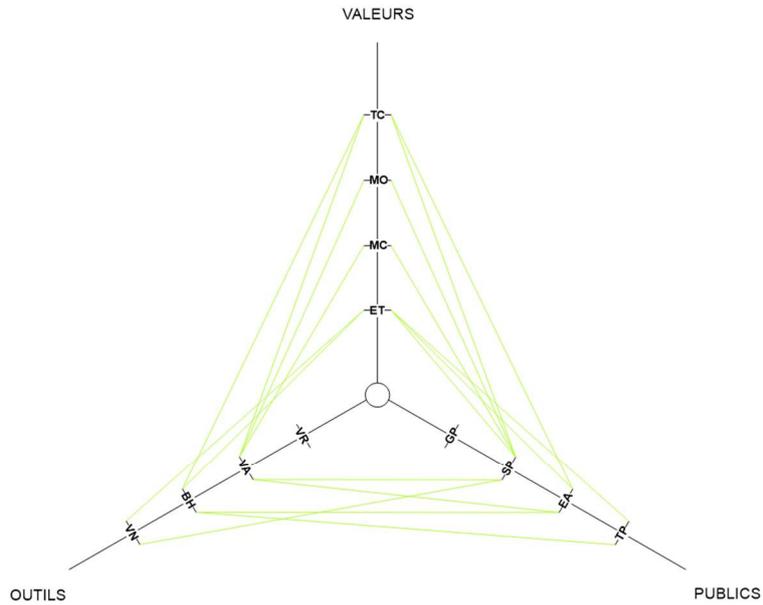
VR : REALITE VIRTUELLE  
VA: VISUALISATION ANNOTEE  
BH : BORNE HOLOGRAPHIQUE  
VN : VIDEO NARRATIVE

GP : GRAND PUBLIC  
SP : SPECIALISTES DU PATRIMOINE  
EA : ETUDIANTS EN ARCHITECTURE  
TP : TRAVAILLEURS DU PALAIS DE JUSTICE

Figure 48 : Elimination des combinaisons incomplètes - Réalisation personnelle

Après avoir réalisé ce tri, on remarque que l'outil de réalité virtuelle n'est pas conservé. Il n'apparaît dans aucune des meilleures combinaisons (Figure 49). Cela peut donc poser question quant à la pertinence de cet outil avec ce type de patrimoine et les publics repris.

TC : TYPOLOGIE DE CHARPENTE  
 MO : MISE EN OEUVRE  
 MC : MARQUES DE CONCEPTION  
 ET : EVOLUTION TEMPORELLE



VR : REALITE VIRTUELLE  
 VA : VISUALISATION ANNOTEE  
 BH : BORNE HOLOGRAPHIQUE  
 VN : VIDEO NARRATIVE

GP : GRAND PUBLIC  
 SP : SPECIALISTES DU PATRIMOINE  
 EA : ETUDIANTS EN ARCHITECTURE  
 TP : TRAVAILLEURS DU PALAIS DE JUSTICE

Figure 49 : Meilleures combinaisons restantes - Réalisation personnelle

D'autre part, la visualisation annotée semble être celui qui forme le plus de bonnes combinaisons. Elle permet de montrer des choses variées pour différents publics formant ainsi plusieurs bonnes combinaisons. Si nous séparons les meilleures combinaisons restantes nous pouvons avoir une vue d'ensemble (Figure 50).

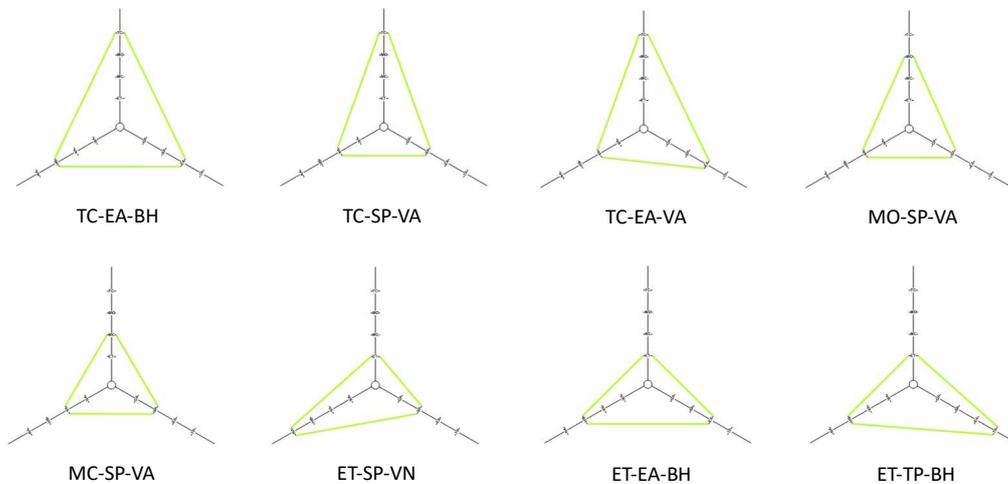


Figure 50 : Vue d'ensemble des meilleures combinaisons - Réalisation personnelle

Dans le cadre de ce travail, nous réalisons une seule expérience, mais imaginons qu'une personne responsable de l'ouverture d'une exposition sur l'entièreté du Palais veuille avoir plusieurs salles avec différents modes d'exploitation, ces graphiques donnent une sorte de parcours de médiation qui pourrait être envisagé. Il pourrait y avoir une expérience qui découle d'une combinaison dans une pièce, puis dans la suite du parcours, une autre expérience qui, elle, vient d'une autre combinaison. Plusieurs combinaisons pourraient donc se succéder pour former un ensemble global qui montre des choses variées. Cet ensemble fonctionnerait car chaque combinaison répond au principe de base de corrélation pertinente entre valeurs, outils et publics.

## 4.5. Etape 5 : choix

### 4.5.1. *Choix de la combinaison*

Dans le cadre de ce TFE, nous allons sélectionner une combinaison parmi les meilleures (Figure 51). Cette expérience sera réalisée et testée pour aller au bout de la démarche (cf. point 5). Pour faire ce choix, plusieurs critères sont pris en compte dont certains ont été vus dans l'état de l'art (cf. point 2.2.2) :

- Matériel disponible
- Temps alloué
- Compétences requises
- Publics disponibles

En fonction de ces critères, la combinaison choisie est la suivante : typologie de charpente – étudiants en architecture – modélisation annotée et animée (Figure 52).

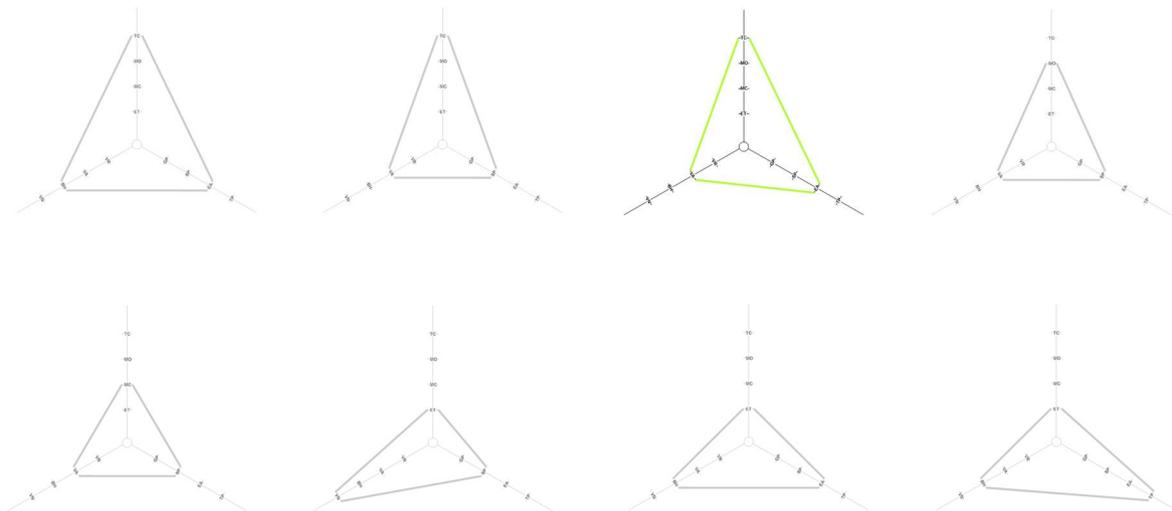
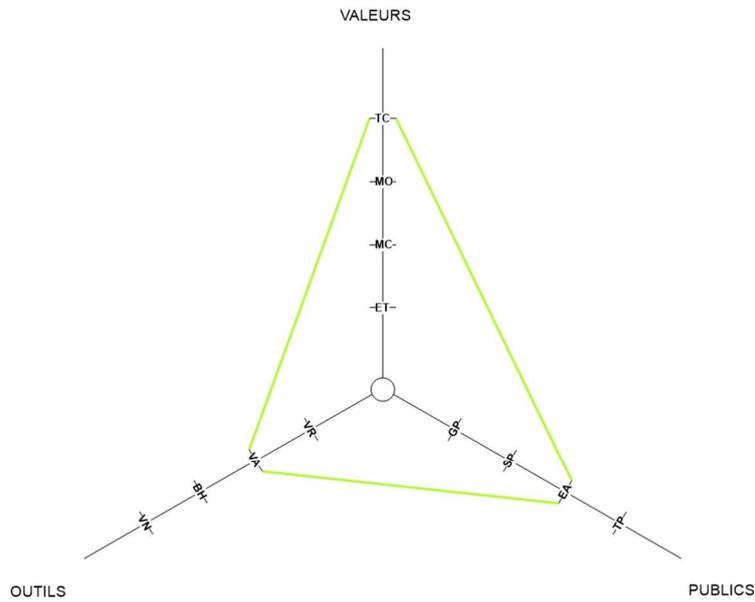


Figure 51 : Choix de la combinaison - Réalisation personnelle

TC : TYPOLOGIE DE CHARPENTE  
 MO : MISE EN OEUVRE  
 MC : MARQUES DE CONCEPTION  
 ET : EVOLUTION TEMPELLE



VR : REALITE VIRTUELLE  
 VA : VISUALISATION ANNOTEE  
 BH : BORNE HOLOGRAPHIQUE  
 VN : VIDEO NARRATIVE

GP : GRAND PUBLIC  
 SP : SPECIALISTES DU PATRIMOINE  
 EA : ETUDIANTS EN ARCHITECTURE  
 TP : TRAVAILLEURS DU PALAIS DE JUSTICE

Figure 52 : Combinaison choisie - Réalisation personnelle

#### 4.5.2. Polyvalence potentielle

Comme expliqué dans la méthodologie, nous pourrions imaginer d'exploiter un maximum la polyvalence de l'outil choisi (cf. point 3.6.6). Dans ce cas-ci, nous pouvons former trois autres triangles à partir de l'outil de visualisation annotée (Figure 53).

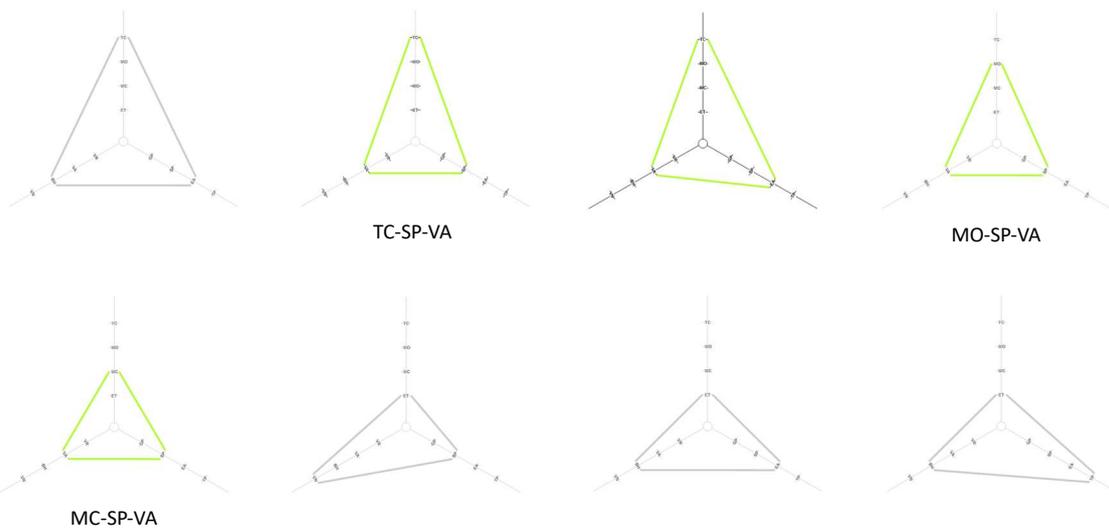


Figure 53 : Autres combinaisons potentielles - Réalisation personnelle

Si nous les fusionnions, cela pourrait donner une expérience beaucoup plus complète (Figure 54). Cette opération ne sera pas faite dans le cadre de ce TFE.

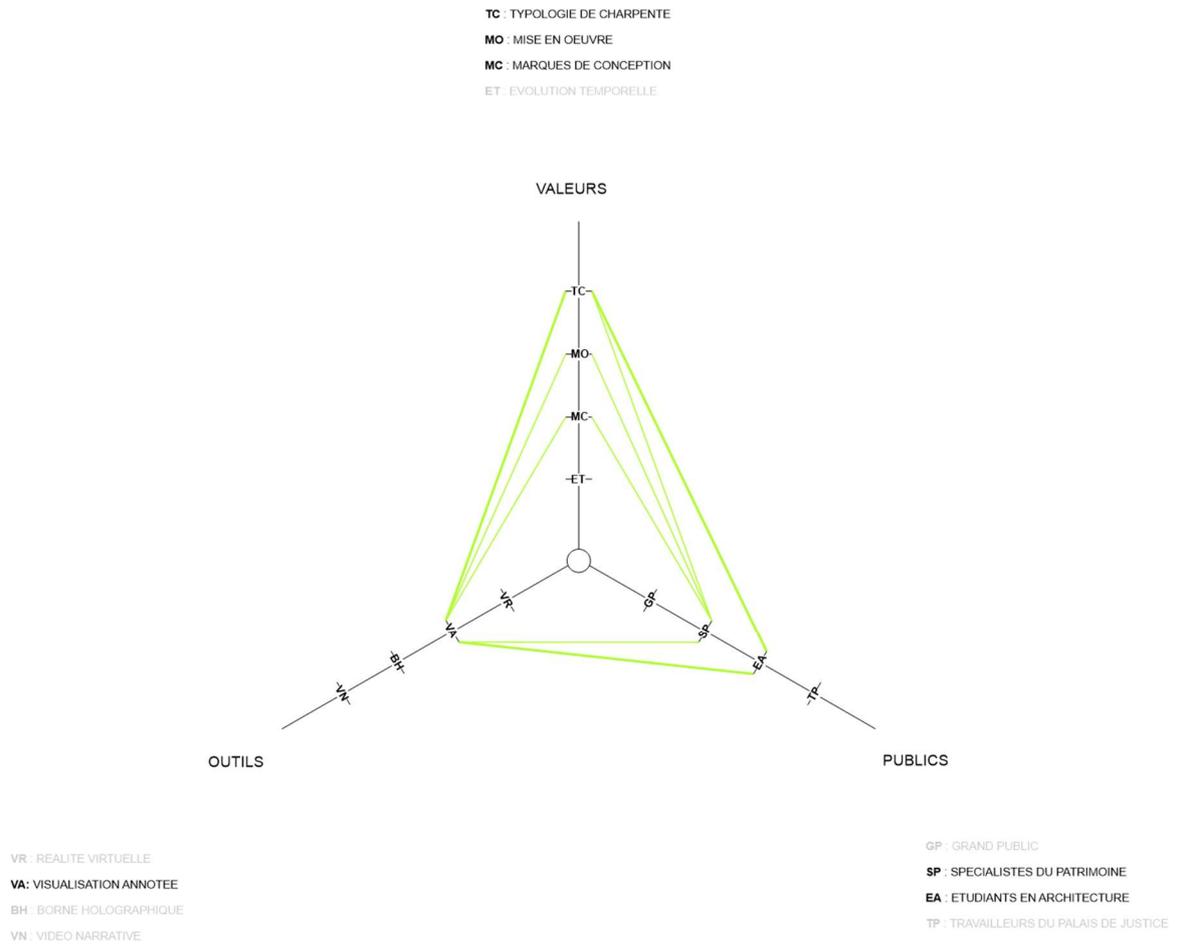


Figure 54 : Expérience complète potentielle - Réalisation personnelle

## 5. Test d'une expérience

---

### 5.1. Méthode

Cette expérience est un élément démonstrateur du protocole. Son but n'est pas d'avoir une validation sur un grand groupe. Il ne s'agit pas de potentiellement mettre en vente un produit fini. Ce n'est pas une méthode de recherche d'interrogation comme on peut voir en sciences humaines. Ce type de méthode constitue un travail à part à lui seul. Nous nous basons ici sur des méthodes beaucoup plus limitées qui sont réalisées dans le but d'avoir un premier retour assez cadré. Ce sont des interviews d'utilisateurs experts. Les personnes qui participent sont expertes car elles sont choisies suivant une caractéristique bien précise parmi la population générale. Dans notre cas, ce sont des étudiants en architecture. Nous ciblons donc très fortement les testeurs.

### 5.2. Conception

Pour concevoir l'expérience qui a été choisie, nous avons testé plusieurs solutions. Le choix final a été opéré en fonction des avantages et inconvénients de chaque possibilité.

#### 5.2.1. *Acquisition des données*

Nous avons principalement utilisé les données que nous possédions déjà. En effet, lors du cours de projet de Master 1, un scan avait été réalisé pour obtenir un nuage de points de l'ensemble du Palais des Princes-Evêques de Liège. Ce dernier avait été obtenu grâce à la technologie SLAM (Simultaneous Localization And Mapping). C'est une technique appropriée pour réaliser des copies virtuelles des sites patrimoniaux. Cependant, selon (Hess & Ferreyra, 2021) et (Pepe et al., 2022), la précision et la résolution géométrique semblent être inférieures à celles des TLS (Terrestrial Laser Scanning). L'idéal aurait donc été de combiner le SLAM avec d'autres techniques d'acquisition de données pour améliorer le résultat final. L'avantage est que cette technique permet de gagner énormément de temps (Jouan & Hallot, 2023). C'est le scanner mobile Navvis VLX 3D dont dispose l'université de Liège qui avait été utilisé. C'est un système SLAM avec deux capteurs lidar et des caméras pour capturer des données RVB.

La capture de la géométrie du lieu était soumise à des conditions et objectifs particuliers (cours de Master 1). Ces paramètres ont eu un impact significatif sur l'aspect final du produit. Dans notre cas, la précision du nuage de point n'est pas la meilleure étant donnée l'emprise conséquente du scan. En effet, c'est presque l'entièreté du Palais qui a été scanné. Cela peut aussi représenter un avantage car il permet de contextualiser la charpente par rapport au bâtiment. Si l'expérience se situe dans la cour, la narration peut commencer à l'endroit précis où on est, pour ensuite se déplacer jusqu'à la charpente. Ce principe permettrait de créer une association forte. Selon (Fredheim & Khalaf, 2016), l'outil devient alors beaucoup plus « situé ».

D'autre part, un modèle 3D de la charpente de l'aile Est de la cour centrale avait été réalisé sur le logiciel Sketchup (cf. point 2.1.3).

Si nous étions dans un autre contexte, il pourrait être intéressant de montrer un maximum de valeurs avec cet outil une fois qu'il a été choisi (cf. point 4.5.2). Dans ce cas, un niveau de détail supérieur aurait été nécessaire pour exploiter toutes les possibilités que l'outil peut proposer. Si cette expérience était le centre de cette recherche, une nouvelle visite in situ aurait pu être réalisée et aurait permis une acquisition de données plus précise. L'objectif est toujours de reconstruire du sens au plus haut niveau possible avec les données et par la médiation. Une évaluation des valeurs grâce à une première médiation permet de mieux déterminer qu'elles sont les parties qui doivent être détaillées, documentées avec le plus de précision, pour ensuite créer un jeu de données qui est pertinent en fonction de l'objectif final. En réalité, l'idéal serait de faire ce raisonnement en aller-retour un grand nombre de fois pour transmettre au mieux les éléments de valeurs d'un site ou d'un objet patrimonial.

### 5.2.2. *Sélection des données*

Nous avons testé plusieurs logiciels et technologies pour avoir une idée des capacités de chacun afin de choisir la meilleure solution sur base des données dont nous disposons.

Nous avons tout d'abord testé de travailler avec des nuages de points. Les données acquises par le scanner mobile Navvis VLX 3D ont été traitées dans IVION, la plateforme Navvis qui permet de gérer et visualiser les nuage de points. Un système de points d'intérêt (POI) existe sur cette plateforme. Nous avons exploré cette fonctionnalité pour potentiellement annoter le nuage de points. Mais cette technique ne s'avère pas convaincante. Cet outil n'est pas conçu pour ce genre d'utilisation à la base. Les points d'intérêts que l'on peut relever sont plutôt orientés pour des éléments techniques. Ce n'est donc pas réellement un outil de médiation.

Ensuite, nous avons transformé le nuage de point en maillage. Pour ce faire, nous sommes passés par le logiciel Cloud Compare. Le modèle étant très lourd, il fallait le découper en tuile. Ce sont comme des boîtes 3D qui comprennent plusieurs niveaux de détails. Ces tuiles étaient géoréférencées pour que leur assemblage se fasse automatiquement. L'aspect géométrique de la modélisation était plus ou moins satisfaisant mais les textures, elles, étaient vraiment médiocres, ce qui est normal au vu de la qualité de départ du nuage de points. Nous avons tenté de jouer avec les paramètres d'images pour potentiellement enlever ces textures mais il restait encore des manquements (des trous) dans le modèle 3D obtenu.

Une autre piste a donc été explorée. Nous sommes repartis du modèle 3D réalisé sur le logiciel Sketchup en cours de projet de Master 1. Il est évident qu'il n'est pas aussi exact qu'un nuage de points mais il a été corrigé. De plus, l'objectif dans cette expérience étant d'expliquer la typologie de charpente, les textures ne sont pas véritablement importantes. C'est cette dernière solution qui a été choisie.

### 5.2.3. *Traitement des données*

Le modèle 3D Sketchup a été revu et corrigé sur certains aspects avant d'être importé dans eCorpus au format glb. C'est un outil d'édition 3D libre pour les chercheurs et les conservateurs. Son développement a été initié dans le cadre du consortium eThesaurus. Il utilise DPO-Voyager comme visualiseur 3D. Il permet d'annoter des modèles 3D et de créer des scènes animées. Ce sont ces fonctionnalités qui ont été utilisées pour concevoir

l'expérience. Un story board sous forme de captures d'écran reprend l'ensemble des étapes par lesquelles l'utilisateur passe lorsqu'il expérimente la visite guidée qui a été conçue (cf. annexe 2).

## 5.3. Réalisation

### 5.3.1. *Public*

L'échantillon est un groupe assez restreint de 4 participants. Il s'agit d'étudiants inscrits en master 2 à la faculté d'architecture de Liège. Cette description correspond au public cible de la combinaison choisie. Le recrutement de ces participants s'est fait sur base volontaire au moyen d'invitations de participation à l'expérience communiquées oralement dans les locaux de l'université de Liège. Aucune expérience particulière ou prérequis n'étaient nécessaires pour participer. L'anonymat est garanti.

### 5.3.2. *Questionnaire*

Le questionnaire vise à vérifier, amender ou infirmer les hypothèses (cf. annexe 3). Ces hypothèses concernent la pertinence de la combinaison représentant l'expérience, et plus spécifiquement celle des liaisons. Nous cherchons à savoir si la combinaison choisie parmi les meilleures auxquelles nous sommes arrivées en appliquant le protocole, fonctionne réellement bien et répond aux attentes de transmission de valeurs à un public à l'aide d'un outil de médiation numérique. La structure du questionnaire se découpe en trois grandes parties : la communication de la valeur, l'outil et un entretien plus global.

Nous avons tenté de nous limiter à une seule idée par question, d'utiliser un vocabulaire clair et précis. A la fin du questionnaire, nous laissons l'opportunité au participant de donner son opinion personnelle ainsi que de nuancer ou commenter ses réponses.

### 5.3.3. *Procédure*

Une courte introduction est présentée aux participants. Celle-ci a été préparée avec soin car c'est un facteur important qui peut influencer grandement la manière dont l'individu va vivre l'expérience (Jouan & Hallot, 2023). Il s'agit de leur exposer le contexte de cette expérience et son déroulement. Elle se déroule en trois étapes. Premièrement, le participant actionne la visite guidée qui lui est proposée. Celle-ci dure environ cinq minutes. S'il le désire, l'individu peut poser des questions. Deuxièmement, il y a une phase d'exploration libre durant laquelle l'utilisateur manipule la modélisation et les outils qui sont à sa disposition. Enfin, lorsque le participant pense avoir terminé la deuxième étape, il répond au questionnaire (cf. annexe 4). Au total, l'expérience dure entre 15 et 20 minutes par participant.

## 5.4. Observations

### 5.4.1. *Connaissances préalables du public*

Il semble que tous les participants ont l'habitude d'utiliser des logiciels 3D. En revanche, aucun d'eux n'avait connaissance de la plateforme eCorpus avant cette expérience.

## 5.4.2. *Communication de la valeur*

### 5.4.2.1. Compréhension du but

De manière générale, le but de l'expérience a bien été compris. Les participants parlent de découverte de l'outil et ses possibilités mais aussi de la communication des éléments de valeurs. La notion d'inaccessibilité de l'objet réel présenté a elle aussi été bien comprise.

### 5.4.2.2. Compréhension des éléments présentés

Globalement, les participants soulignent que tous les éléments présentés étaient expliqués de façon claire.

### 5.4.2.3. Mémorisation des sujets abordés

Les sujets relevés et mémorisés par les participants sont les suivants :

- L'histoire du site
- Le vocabulaire des éléments de charpente
- La typologie de charpente
- Les modifications
- Les hypothèses
- L'inaccessibilité du site

### 5.4.2.4. Apprentissage via la visite guidée

La visite guidée semble avoir été un élément essentiel dans l'apprentissage des valeurs. Un participant nous dit que : « A travers les différentes étapes de la visite guidée, j'ai pu découvrir les différents éléments qui constituent une charpente ainsi que de comprendre l'histoire et la typologie de la charpente présentée ». De plus, un autre nous dit qu'il pense que la visite guidée lui a permis d'avoir beaucoup plus d'informations que si la visite avait été faite seul, sans aide, ce qui l'a vraiment aidé à comprendre cette charpente. En revanche, un participant évoque que certains termes assez complexes auraient mérité d'être légendés. Il précise que cette remarque s'appliquerait surtout pour un public non averti.

### 5.4.2.5. Apprentissage via l'exploration

Il apparaît dans les réponses des participants que la visite guidée avait déjà fourni les connaissances nécessaires pour comprendre la charpente et que l'exploration n'a pas forcément apporté d'informations supplémentaires. Cependant, elle offre la possibilité de revenir sur certains points en prenant le temps et de mieux visualiser les choses, et surtout de manière plus autonome. Il semblerait que cette autonomie permette de mieux s'immerger dans l'architecture du lieu.

### 5.4.3. L'outil

#### 5.4.3.1. Première impression

Les premières impressions des participants concernant l'outil sont que c'est très ludique tout en étant impressionnant, que la modélisation de la charpente est claire et précise, que c'est vaste et qu'on se rend bien compte de la complexité de la charpente.

#### 5.4.3.2. Immersion

L'outil et la présentation ont été jugés très immersifs. Un participant nous dit : « on arrive vraiment à s'imaginer à l'intérieur ». Les zooms et dézooms à l'intérieur et autour de la charpente semblent avoir joué un rôle important dans l'immersion. De plus, l'exploration détaillée et interactive des fonctionnalités a permis aux utilisateurs de s'immerger pleinement dans l'expérience. D'un autre côté, le niveau de détail des éléments de charpente a semblé trop « lissé » pour certains participants. Le niveau de réalisme de l'expérience était donc affecté. L'ajout de textures, de sons/musique est une idée amenée par les participants pour créer une ambiance plus immersive.

#### 5.4.3.3. Qualité d'image

La qualité d'image a parue comme étant totalement suffisante pour permettre une compréhension adéquate des systèmes constructifs. Cependant, il semblerait que lors de l'utilisation de l'outil « coupe », la couleur bleue qui apparait affecte la compréhension du modèle 3D.

#### 5.4.3.4. Visualisation agréable

La visualisation a bien plu aux participants. Certains précisent qu'ils se sont bien amusés. La possibilité de changer de visuel a été fortement appréciée car elle permet de s'adapter à chaque individu.

#### 5.4.3.5. Facilité de prise en main

Durant l'exploration libre, la prise en main semble avoir été plutôt facile. Un étudiant souligne que selon lui, cette facilité vient du fait qu'il utilise souvent des logiciels 3D. Un autre précise que s'il n'avait pas compris, des outils étaient à sa disposition pour l'aider. Malgré tout, la gestion des « bulles » situées dans le coin supérieur gauche a parfois posé un problème car si le participant n'était pas sur la bonne vue, elles n'apparaissaient pas.

#### 5.4.3.6. Difficultés rencontrées

Hormis le soucis des « bulles » évoqué ci-dessus, les participants n'ont rencontré aucune difficulté à comprendre les informations à cause de l'outil.

#### 5.4.3.7. Valeur ajoutée

Ce type d'outil semble apporter une valeur supplémentaire comparé à des présentations plus classiques. Un participant nous confie : « l'outil permet à chaque utilisateur de vivre une expérience personnalisée, de prendre son temps et de manipuler la présentation à sa manière

pour mieux comprendre le contenu ». Cette exploration libre a permis aux participants de revenir sur des éléments afin de mieux les comprendre, les visualiser et de s'imprégner du lieu. Elle offre quelque chose de plus immersif.

#### 5.4.3.8. Avantages

Voici les avantages de l'outil relevés par les participants :

- Ludique
- Rend accessible un lieu patrimonial inaccessible
- Inclus un outil de mesure
- Fluidité
- Personnalisation de l'interface
- Dynamisme
- Immersion
- Aucune connaissance requise
- Visualisation
- Efficacité
- Liberté de navigation (qui serait beaucoup plus compliquée lors d'une visite en physique selon le participant)

#### 5.4.3.9. Inconvénients

Voici maintenant les inconvénients de l'outil relevés par les participants :

- Pas accessible à tous (personnes âgées ou sans compétence en matière de logiciel 3D)
- Compréhension du fonctionnement de l'outil sans explication orale (bien que le participant précise que les utilisateurs peuvent explorer)
- Manque de réalisme, ne peut pas être aussi immersif que la réalité
- Utilisation sans souris très complexe et sensible

### 5.4.4. *Entretien*

#### 5.4.4.1. Ressenti global

Tous les participants ont trouvé l'expérience intéressante. Certains précisent qu'ils ont été impressionnés par les différents outils proposés, en particulier l'outil « coupe ». Un participant se réjouit que cet outil puisse rendre le lieu accessible à tous. Parmi les adjectifs utilisés, on peut citer : agréable, surprenant, complet et intéressant.

#### 5.4.4.2. Opinions personnelles

L'opinion personnelle de chaque participant est exclusivement positive. Certains trouvent que c'est très intéressant pour plonger les gens dans un lieu difficile d'accès ou qui n'est plus en état, d'autres pensent que l'outil aide énormément à la compréhension de l'architecture et permet de véritablement vivre une expérience. Selon un participant : « Ce moyen de médiation permet de transmettre l'histoire et la typologie de la charpente de manière interactive et captivante ». Enfin, un des participants trouve que l'outil pourrait être utilisé

dans d'autres cas et imagine que cela permet de garder une trace, une archive, une copie numérique qui, elle, pourrait être plus pérenne dans le temps.

#### 5.4.4.3. Améliorations

Parmi les améliorations relevées par les participants, nous pouvons citer :

- Les textures
- La couleur bleue lors de l'utilisation de l'outil « coupe »
- Les bulles
- L'explication des outils à disposition et le côté intuitif
- Le son

### 5.5. Conclusion de l'expérience

Cette expérience visait à vérifier si la combinaison choisie fonctionne : est-ce que l'outil de la modélisation 3D annotée et animée permet de transmettre correctement les éléments de valeurs de la typologie de charpente à un public d'étudiants en architecture ? Plus globalement, nous cherchions à savoir si le protocole permet d'aboutir à une combinaison pertinente.

Les connaissances initiales des participants étaient toutes similaires. Tous sont familiers avec l'utilisation de logiciels 3D mais aucun n'avait entendu parler de la plateforme eCorpus qui a été utilisée pour cette expérience.

En ce qui concerne la partie sur la communication des éléments de valeurs, on peut observer que celle-ci est principalement une réussite. Le but et les sujets abordés ont été très bien compris. La visite guidée mise en place a été fortement appréciée bien que certaines notions de vocabulaire restaient parfois floues et auraient mérité des explications supplémentaires. L'exploration libre, quant à elle, n'a pas forcément apporté d'informations complémentaires mais elle a permis aux participants de s'immerger dans la modélisation, de manipuler les outils et de revenir sur des sujets de manière plus autonome et posée.

A propos de l'outil, les premières impressions des participants sont très positives. L'immersion était plutôt réussie, bien qu'il reste certaines pistes d'amélioration pour rendre l'expérience encore plus immersive avec cet outil. La qualité d'image et la visualisation ont été jugées parfaitement correctes et agréables pour la communication des valeurs, mais l'outil « coupe » et sa couleur bleue viennent perturber la lecture. Outre la gestion des « bulles », la prise en main de l'outil lors de l'exploration libre était relativement facile. On peut penser que les connaissances des participants en matière de logiciels 3D évoquées plus haut y jouent un rôle important. La communication des valeurs par cet outil semble apporter une valeur supplémentaire à l'expérience et à l'apprentissage. Les interactions que permet l'outil paraissent un élément essentiel à l'immersion et la compréhension. Il est intéressant de remarquer que l'utilisation de cet outil a été jugée accessible à tous par certains participants alors que d'autres soulignaient l'importance des compétences requises pour manipuler un outil de ce type. Nous avons donc des points de vue divergents à propos de l'aspect intuitif de l'outil.

La totalité des participants confie avoir passé un bon moment en réalisant l'expérience. Ils ont été impressionnés, surpris et très intéressés. Ils tiennent à souligner les qualités de cet outil en matière de médiation numérique et imaginent d'autres applications qu'il serait possible d'envisager.

Nous pouvons donc conclure que l'expérience valide l'hypothèse de départ. Les éléments de valeurs ont pu être communiqués au public grâce à l'outil de médiation numérique. Cela nous permet alors penser que le protocole a bien fonctionné puisqu'il a permis de choisir une combinaison qui s'est avérée pertinente lorsque l'expérience a été réalisée. Cependant, certaines limites de l'expérience sont à mentionner.

## 5.6. Limites de l'expérience

Tout d'abord, la méthode utilisée pour cette expérience dans le cadre de ce TFE est ce qui ressemble à une interview d'utilisateur experts. Nous n'avons donc pas fait passer l'expérience à un grand nombre de gens. Si c'était le cas, nous aurions potentiellement obtenu d'autres résultats.

De plus, avec les données dont nous disposions au départ, nous n'avons pas eu la possibilité d'obtenir une modélisation parfaite avec un haut niveau de détail. Les participants ont d'ailleurs relevé que l'ajout de textures aurait permis de s'immerger encore plus. Nous aurions aussi pu montrer d'autres éléments de valeur. Par ailleurs, le manque d'ambiance sonore a été souligné comme une piste d'amélioration de même que le rendu bleue qui apparaît avec l'activation des coupes.

Ensuite, des explications orales de départ ont dû être fournies aux participants pour une meilleure compréhension des outils à leur disposition. Bien que des aides soient disponibles, sans ces explications, l'exploration aurait sans doute été plus compliquée. Cela rejoint la divergence d'avis que nous avons observée concernant le côté intuitif de l'outil mais aussi les soucis de gestions des « bulles ».

## 6. Conclusion

---

Dans ce travail, nous avons commencé par faire un constat. Nous avons vu qu'il existe un large patrimoine bâti porteur de grandes valeurs et qu'il est important de transmettre ces valeurs. Cependant, il est parfois impossible d'accéder directement et physiquement à ce patrimoine. C'est face à ce problème que les outils de médiation numérique peuvent représenter une solution. Pour cette recherche nous avons choisi la charpente du Palais des Princes-Evêques de Liège comme cas d'étude car un travail à son propos avait déjà été réalisé dans le cadre d'un cours de master 1. Il fait partie de cette catégorie de patrimoine inaccessible mais d'une très grande valeur. Nous nous sommes alors posé la question de savoir quelle technologie serait la plus adaptée pour communiquer des éléments de valeurs en fonction du public ciblé. D'autre part, nous nous demandions comment nous pourrions comparer des expériences de médiation numérique dans le but de concevoir des expériences de plus en plus pertinentes et complètes.

Pour répondre à ces questions, il paraissait essentiel de s'intéresser aux valeurs et aux outils de manière plus approfondie. En ce qui concerne les valeurs, nous avons d'abord cherché à évaluer les éléments de valeurs du cas d'étude. Pour ce faire, nous sommes repartis d'ouvrages et des informations récoltées durant les études préalables qui ont été réalisées en master 1 fin 2022. Parmi les modèles d'évaluation de valeurs que nous avons étudiés, nous avons choisi de nous baser sur celui de Fredheim et Khalaf afin de faire une synthèse des éléments de valeurs. Ensuite, nous avons exploré le domaine des outils de médiation numérique pour tenter d'en apprendre plus. Nous avons d'abord parcouru le travail de certains spécialistes du secteur avant de dresser une liste non exhaustive des critères qui permettent de comparer ces outils. Par après, nous nous sommes concentrés sur quatre outils en particulier qui seront repris dans la suite de la recherche. Il s'agissait de la vidéo narrative, la borne holographique, la modélisation annotée et animée, ainsi que les casques de réalité virtuelle. Nous arrivons à la conclusion que c'est foisonnant. Il existe beaucoup de valeurs, d'outils et de publics différents. Nous repérons un manque de classification, de structure et de technique pour comparer des expériences entre elles. Cette grande variété conduit également à une difficulté de choix lors de la conception d'une nouvelle expérience. Aucun protocole ne peut guider la sélection des bonnes variables dans le but de concevoir une expérience pertinente et optimale. Nous nous sommes alors demandés s'il serait possible de faciliter le choix d'un opérateur en créant un outil de recherche, un guide, un protocole méthodologique et comment développer une technique de visualisation qui permettrait d'analyser, comparer et comprendre des expériences déjà existantes.

C'est donc dans cette direction que s'est poursuivie la recherche. Nous avons d'abord cherché une technique visuelle qui permet de croiser trois variables afin d'évaluer les liaisons entre elles. Outre l'évaluation des liaisons, nous nous sommes interrogés sur l'évaluation des combinaisons que forment ces liaisons et sur l'exhaustivité potentielle du modèle de représentation trouvé. Une fois les concepts et les problèmes rencontrés énoncés, nous expliquons comment la représentation visuelle et graphique qui a été conçue peut être utilisée pour analyser et comparer des expériences de médiation numérique déjà existantes. Ensuite,

nous avons construit un protocole à suivre étape par étape dans le but de choisir la meilleure expérience suivant une situation donnée.

Une fois le protocole terminé, nous avons pu l'appliquer au cas d'étude. En suivant scrupuleusement les étapes détaillées du protocole et en réutilisant les recherches évoquées dans l'état de l'art, nous avons pu aboutir à quelques combinaisons qui représentent les meilleures expériences à concevoir. Comme le veut le protocole, nous avons fait intervenir des critères supplémentaires pour choisir une expérience à tester réellement.

Cette expérience a été réalisée dans l'objectif de valider ou non les hypothèses qui découlent de la recherche méthodologique et de la création du protocole. Nous avons cherché à savoir si l'expérience à laquelle nous aboutissons répond bien aux attentes. Ces attentes étant une communication optimale et pertinente des éléments de valeurs à un public donné à l'aide d'un outil de médiation. Nous nous sommes rapprochés des méthodes d'interview d'utilisateurs experts pour réaliser cette expérience. Les retours étaient dans l'ensemble très positifs, ce qui montre que le protocole a bien rempli son rôle.

Une suite potentielle à ce travail pourrait être d'analyser une exposition qui a déjà eu lieu sur un site architectural. L'objectif serait d'introduire dans notre système des expériences qui ont été implémentées et de voir si ce qui est proposé coïncide avec les schémas. Nous pourrions aussi faire cette application avec plusieurs expériences différentes pour les comparer. Il serait même possible d'aller plus loin et d'analyser un grand nombre d'expériences à l'aide de notre représentation visuelle. Cela permettrait d'avoir une vue globale grâce à laquelle nous pourrions déceler des tendances et tirer des conclusions. Si, dans un projet, nous avons plusieurs expériences qui se succèdent, nous pourrions les évaluer grâce aux schémas pour ensuite repérer lesquelles fonctionnent le mieux et celles qu'il faudrait modifier. Ce mode de représentation nous indiquerait même quel lien en particulier il faudrait améliorer au sein d'une expérience.

D'autres aspects restent encore à explorer. Le protocole pourrait subir des évolutions. Par exemple, dans le choix de la meilleure combinaison et donc de l'expérience à concevoir, nous pourrions prendre en compte d'autres éléments. En effet, une possibilité d'évolution serait de hiérarchiser les besoins de communication des valeurs. Nous pourrions avoir des besoins primaires forts et des besoins secondaires moins forts. Les besoins primaires orienteraient le choix d'une combinaison et donc d'un outil. Dès lors, il s'agirait de réfléchir aux besoins secondaires auxquels l'outil peut répondre également. D'autres paramètres comme l'évolution dans le temps et les possibilités de modifications pourraient eux aussi influencer le choix d'une combinaison.

Des démarches d'enquête et des tests plus approfondis que l'expérience qui est réalisée dans ce travail pourraient contribuer à améliorer et vérifier de manière plus importante le protocole proposé.

Cette recherche, le modèle de représentation créé, et le protocole développé s'inscrivent dans la volonté de proposer des expériences de médiation numérique toujours plus pertinentes et optimales, et ainsi transmettre au mieux les valeurs patrimoniales.

## 7. Bibliographie

---

- Andreoli, R., Corolla, A., Faggiano, A., Malandrino, D., Pirozzi, D., Ranaldi, M., Santangelo, G., & Scarano, V. (2018). A Framework to Design, Develop, and Evaluate Immersive and Collaborative Serious Games in Cultural Heritage. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, 11(1), 1–22. <https://doi.org/10.1145/3064644>
- Araoz, G. F. (2011). Preserving heritage places under a new paradigm. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 1(1), 55–60. <https://doi.org/10.1108/20441261111129933>
- Avrami, E., & Mason, R. (2019). Mapping the issues of value. In E. Avrami, S. Macdonald, R. Mason, & D. Myes (Eds.), *Values in Heritage Management : Emerging Approaches and Research Directions* (pp. 9–33).
- Bagieu, C., & Macher, H. (2023). *Numérisation 3D du patrimoine bâti* (C. Trochu, Ed.; Le Moniteur).
- Banfi, F. (2021). The Evolution of Interactivity, Immersion and Interoperability in HBIM: Digital Model Uses, VR and AR for Built Cultural Heritage. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(10), 685. <https://doi.org/10.3390/ijgi10100685>
- Bekele, M. K., & Champion, E. (2019). *Redefining Mixed Reality: User-Reality-Virtuality and Virtual Heritage Perspectives*. 675–684. <https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2019.2.675>
- Brandi, C. (1963). *Theory of Restoration*. (Firenze Nardini).
- Buckley, K. (2019). Heritage Work : Understanding the Values, Applying the Values. In E. Avrami, S. Macdonald, R. Mason, & D. Myers (Eds.), *Values in Heritage Management: Emerging Approaches and Research Directions* (pp. 50–65). The Getty Conservation Institute.
- Burke, S., & Macdonald, S. (2014). Creativity and Conservation: Managing Significance at the Sydney Opera House. *APT Bulletin: The Journal of Preservation Technology*, 45(2/3), 31–37. [https://www.academia.edu/43780737/Creativity\\_and\\_Conservation\\_Managing\\_Significance\\_at\\_the\\_Sydney\\_Opera\\_House](https://www.academia.edu/43780737/Creativity_and_Conservation_Managing_Significance_at_the_Sydney_Opera_House)
- Cahay, E. (2022). *Percevoir et intégrer le numérique au musée : Enquête qualitative à l'Espace Muséal d'Andenne* [Mémoire de fin d'études]. Université de Liège.
- Caillet, E. (1995). *A l'approche du musée, la médiation culturelle*. Presses universitaires de Lyon.
- Centre des monuments nationaux. (2024). *Concevoir un outil de médiation numérique pour un site patrimonial*.
- Chaumier, S., & Mairesse, F. (2023). *La médiation culturelle* (Armand Colin).
- Checksub. (2023, June 7). *La narration vidéo : la méthode en 4 étapes inspirée de l'écriture de scénarios*.
- Choay, F. (1999). *L'allégorie du patrimoine* (Seuil).
- Colman, P. (1986). *La restauration des monuments à Liège et dans sa province depuis 150 ans*.
- Davallon, J. (2003). *La Médiation : La communication en procès ?* (MEI, Vol. 19).

- De la Torre, M. (2013). Values and Heritage Conservation. *Heritage & Society*, 6(2), 155–166. <https://doi.org/10.1179/2159032X13Z.00000000011>
- Delsaux, C. (1847). *L'architecture et les monuments du moyen âge à Liège*. [https://books.google.be/books?hl=fr&lr=&id=cqdPAAAcAAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=Charpente+du+palais+des+princes+évêques+Liège&ots=O8iKMKLDjk&sig=6mSu2BPt8qy50m1b5fx4v4EDnI0&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false](https://books.google.be/books?hl=fr&lr=&id=cqdPAAAcAAJ&oi=fnd&pg=PA8&dq=Charpente+du+palais+des+princes+évêques+Liège&ots=O8iKMKLDjk&sig=6mSu2BPt8qy50m1b5fx4v4EDnI0&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false)
- Demoulin, B. (2008). *Liège et le Palais des Princes-Evêques* (Fonds Mercator).
- Descamps, F., Fouquet, J., Roussel, N., Lazard, J.-M., Domeyne, P., Crozat, S., Gaillard, L., & Puig, V. (2011). Valoriser les patrimoines avec la vidéo. *Documentaliste-Sciences de l'Information*, Vol. 47(4), 54–67. <https://doi.org/10.3917/docsi.474.0054>
- Doueïhi, M. (2008). *La Grande Conversion numérique* (Seuil, Vol. 667).
- Evrard, Y. (1997). Democratizing Culture or Cultural Democracy? *The Journal of Arts Management, Law, and Society*, 27(3), 167–175. <https://doi.org/10.1080/10632929709596961>
- Fredheim, L. H., & Khalaf, M. (2016). The significance of values: heritage value typologies re-examined. *International Journal of Heritage Studies*, 22(6), 466–481. <https://doi.org/10.1080/13527258.2016.1171247>
- Gabor, D. (1972). Holography, 1948-1971. *Science*, 177(4046), 299–313. <https://doi.org/10.1126/science.177.4046.299>
- Garcia-Fernandez, J., & Medeiros, L. (2019). Cultural Heritage and Communication through Simulation Videogames—A Validation of Minecraft. *Heritage*, 2(3), 2262–2274. <https://doi.org/10.3390/heritage2030138>
- Gattinger, M. (2012). *Democratization of Culture , Cultural Democracy and Governance Professor*. <https://api.semanticscholar.org/CorpusID:31224924>
- Ghuloum, H. (2010). *3D Hologram Technology in Learning Environment*. 693–704. <https://doi.org/10.28945/1283>
- Gil, M., Guillaumont, T., Hallot, P., Moulherat, C., & Syvilay, D. (2023). *E. thesaurus : L'orfèvrerie à l'épreuve de la modélisation 3D*.
- Graham, K., Chow, L., & Fai, S. (2019a). From BIM to VR: defining a level of detail to guide virtual reality narratives. *Journal of Information Technology in Construction*, 24, 553–568. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2019.031>
- Graham, K., Chow, L., & Fai, S. (2019b). From BIM to VR: defining a level of detail to guide virtual reality narratives. *Journal of Information Technology in Construction*, 24, 553–568. <https://doi.org/10.36680/j.itcon.2019.031>
- Gutiérrez, M. A. A., Vexo, F., & Thalmann, D. (2008). *Stepping into Virtual Reality*. Springer London. <https://doi.org/10.1007/978-1-84800-117-6>
- Hallot, P., Lambert, M., & Jouan, P. (2021). Communication tools for inaccessible places of significance. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-M-1–2021, 293–299. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-293-2021>

- Hand, C. (1997). A Survey of 3D Interaction Techniques. *Computer Graphics Forum*, 16(5), 269–281. <https://doi.org/10.1111/1467-8659.00194>
- Heinich, N. (2009). *La fabrique du patrimoine : De la cathédrale à la petite cuillère* (MSH).
- Heras, V. C., Moscoso Cordero, M. S., Wijffels, A., Tenze, A., & Jaramillo Paredes, D. E. (2019). Heritage values: towards a holistic and participatory management approach. *Journal of Cultural Heritage Management and Sustainable Development*, 9(2), 199–211. <https://doi.org/10.1108/JCHMSD-10-2017-0070>
- Hess, M., & Ferreyra, C. (2021). Recording and comparing historic garden architecture. value of slam-based recording for research on cultural landscapes in connection with heritage conservation. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-M-1–2021, 301–308. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-301-2021>
- Hoffsummer, P. (1995). *Les charpentes de toitures en Wallonie : typologie et dendrochronologie : XIe-XIXe siècle*. Service public de Wallonie, Département du patrimoine.
- Hurtienne, J., & Israel, J. H. (2007). Image schemas and their metaphorical extensions. *Proceedings of the 1st International Conference on Tangible and Embedded Interaction*, 127–134. <https://doi.org/10.1145/1226969.1226996>
- ICOMOS. (2013). *The Burra Charter : the Australia ICOMOS charter for places of cultural significance 2013*. Australia ICOMOS Incorporated. <https://australia.icomos.org/wp-content/uploads/The-Burra-Charter-2013-Adopted-31.10.2013.pdf>
- Jansen, Y., Dragicevic, P., Isenberg, P., Alexander, J., Karnik, A., Kildal, J., Subramanian, S., & Hornbæk, K. (2015). Opportunities and Challenges for Data Physicalization. *Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems*, 3227–3236. <https://doi.org/10.1145/2702123.2702180>
- Janssen-Delvaux, M. (1971). La Renaissance à Liège XVIe siècle. *Wallonie, Art et Histoire*, 8.
- Jouan, P., & Hallot, P. (2023). Virtual representations in immersive environments to support cultural significance assessment. *International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences - ISPRS Archives*, 48(M-2–2023), 773–781. <https://doi.org/10.5194/isprs-Archives-XLVIII-M-2-2023-773-2023>
- Jouan, P., Sadzot, P., Laboury, D., & Hallot, P. (2021). Experience and atmosphere of the built heritage in digital environment. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLVI-M-1–2021, 329–337. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLVI-M-1-2021-329-2021>
- Kovacs, S., & Bolka-Tabary, L. (2023). La promesse de l’hologramme dans la médiation des savoirs. *Communication & Langages*, N° 215-216(1), 181–200. <https://doi.org/10.3917/comla1.215.0181>
- Lafortune, J.-M. (2012). *La médiation culturelle*. Presses de l’Université du Québec.
- Lemaire, R. A. G. (1938). *La restauration des monuments anciens* (De Sikkel).
- Ma, J., Sindorf, L., Liao, I., & Frazier, J. (2015). Using a Tangible Versus a Multi-touch Graphical User Interface to Support Data Exploration at a Museum Exhibit. *Proceedings of the Ninth*

- International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 33–40.  
<https://doi.org/10.1145/2677199.2680555>
- Macaranas, A., Antle, A. N., & Riecke, B. E. (2012). Bridging the gap. *Proceedings of the Sixth International Conference on Tangible, Embedded and Embodied Interaction*, 161–168.  
<https://doi.org/10.1145/2148131.2148166>
- Marshall, M. T., Dulake, N., Ciolfi, L., Duranti, D., Kockelkorn, H., & Petrelli, D. (2016). Using Tangible Smart Replicas as Controls for an Interactive Museum Exhibition. *Proceedings of the TEI '16: Tenth International Conference on Tangible, Embedded, and Embodied Interaction*, 159–167.  
<https://doi.org/10.1145/2839462.2839493>
- Mauriac, M. (2016, December 10). La grotte de Lascaux est “dans un état de conservation remarquable.” *Ouest France*.
- Mayonnaise production. (2020, September 3). *Vidéo narrative : tout ce que vous devez savoir*.
- McKee, R., & Gerace, T. (2018). *Storynomics: Story-Driven Marketing in the Post-Advertising World* (Twelve).
- Musée L. (2022). *Mon patrimoine revisité | Des capsules vidéo au musée !*  
<https://museel.be/fr/news/mon-patrimoine-revisite-capsules-video-au-musee>
- Navarro, N. (2023, December 1). *Portrait de Nicolas Navarro*. Uliège.  
[https://www.facphl.uliege.be/cms/c\\_11317923/fr/portrait-de-nicolas-navarro](https://www.facphl.uliege.be/cms/c_11317923/fr/portrait-de-nicolas-navarro)
- Navarro, N., & Renaud, L. (2019). La médiation numérique au musée en procès. *Revue Française Des Sciences de l'information et de La Communication*, 16. <https://doi.org/10.4000/rfsic.5592>
- Nihant, J., Rimbart, A., Mahiat, B., Geudvert, A., Brandenbourg, E., Fazliu, I., Galiotto, L., & Loix, L. (2022). *Le Palais des Princes-Evêques de Liège : synthèse des études préalables*.
- Nofal, E., Reffat, R., Boschloos, V., Hameeuw, H., & Moere, A. (2018). The Role of Tangible Interaction to Communicate Tacit Knowledge of Built Heritage. *Heritage*, 1(2), 414–436.  
<https://doi.org/10.3390/heritage1020028>
- Nofal, E., Reffat, R., & Vande Moere, A. (2017). *Phygital Heritage: an Approach for Heritage Communication*. <https://doi.org/10.3217/978-3-85125-530-0-36>
- Norberg-Schulz, C. (1979). *Genius Loci: Paysage, Ambiance, Architecture* (Mardaga).
- Okulska, A. (2023). *Médiation holographique du projet d'architecture La perception spatiale, est-elle améliorée avec une présentation holographique du projet ?* [Mémoire de fin d'études, Université de Liège]. <http://hdl.handle.net/2268.2/18110>
- Pepe, M., Alfio, V. S., Costantino, D., & Herban, S. (2022). Rapid and Accurate Production of 3D Point Cloud via Latest-Generation Sensors in the Field of Cultural Heritage: A Comparison between SLAM and Spherical Videogrammetry. *Heritage*, 5(3), 1910–1928.  
<https://doi.org/10.3390/heritage5030099>
- Peri Bader, A. (2015). A model for everyday experience of the built environment: the embodied perception of architecture. *The Journal of Architecture*, 20(2), 244–267.  
<https://doi.org/10.1080/13602365.2015.1026835>

- Pérouse De Montclos, J.-M. (2011). *Architecture - Description et vocabulaire méthodique* (Ed. du patrimoine).
- Petrelli, D., Ciolfi, L., van Dijk, D., Hornecker, E., Not, E., & Schmidt, A. (2013). Integrating material and digital. *Interactions*, 20(4), 58–63. <https://doi.org/10.1145/2486227.2486239>
- Poux, F., Billen, R., Kasprzyk, J.-P., Lefebvre, P.-H., & Hallot, P. (2020). A Built Heritage Information System Based on Point Cloud Data: HIS-PC. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 9(10), 588. <https://doi.org/10.3390/ijgi9100588>
- Poux, F., Valembois, Q., Mattes, C., Kobbelt, L., & Billen, R. (2020). Initial User-Centered Design of a Virtual Reality Heritage System: Applications for Digital Tourism. *Remote Sensing*, 12(16), 2583. <https://doi.org/10.3390/rs12162583>
- Province de Liège. (2022, December). Palais : entrez, c'est ouvert ! *Notre Province*. <https://www.provincedeliege.be/fr/evenement/7/18365>
- Ramzy, N. (2015). The genius loci at the great temple of Abu Simbel: hermeneutic reading in the architectural language of ancient egyptian temples of Ramses II in Nubia. *Journal of ancient history and archaeology*, 2(2). <https://doi.org/10.14795/j.v2i2.106>
- Research X Design. (2024). *Professeur Andrew Vande Moere*. <https://rxd.architectuur.kuleuven.be/andrew-vande-moere/>
- Riegl, A. (2003). *Le culte moderne des monuments* (L'Harmattan).
- Schädler-Saub, U., & Weyer, A. (2021). Das Fragment im Digitalen Zeitalter | The Fragment in the Digital Age Möglichkeiten und Grenzen neuer Techniken in der Restaurierung | Opportunities and Limitations of New Conservation-Restoration Techniques. In U. Schädler-Saub & A. Weyer (Eds.), *International conference of the University of Applied Sciences and Arts Hildesheim/Holzwinden/Göttingen in cooperation with the German National Scientific Committee for Conservation-Restoration of ICOMOS and the Verband der Restauratoren*. Hendrik Bäbler.
- Silva, R., Oliveira, J. C., & Giraldi, G. (2003). *Introduction to Virtual Reality*.
- Slater, M., Usoh, M., & Steed, A. (1994). Depth of Presence in Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 3(2), 130–144. <https://doi.org/10.1162/pres.1994.3.2.130>
- Sørensen, T. F. (2015). More than a feeling: Towards an archaeology of atmosphere. *Emotion, Space and Society*, 15, 64–73. <https://doi.org/10.1016/j.emospa.2013.12.009>
- Soudant, E. (2021). *L'impact du degré de réalisme de la visite virtuelle d'une habitation sur l'expérience d'utilisateurs. Dimensions et sentiment de présence* [Mémoire de fin d'études, Université de Liège]. <http://hdl.handle.net/2268.2/12509>
- UNESCO. (2008). *Le palais de Princes Évêques de Liège*. Division Du Patrimoine de La Région Wallone de Belgique. <https://whc.unesco.org/fr/listesindicatives/5361/>
- UNESCO. (2023). *Convention concernant la protection du patrimoine mondial, culturel et naturel*. <https://whc.unesco.org/fr/conventiontexte>
- UNESCO. (2024). *Vidéos NHK en haute définition sur le patrimoine culturel immatériel*. <https://ich.unesco.org/fr/nhk>

- Vidal, G. (2014). Critique et plaisir au cœur des usages des médiations numériques muséales. *Interfaces Numériques*, 3(1), 163–177. <https://doi.org/10.3166/rin.3.163-177>
- Weissberg, J.-L. (1999). Le déplacement virtuel de Lascaux. *In Public, Nouvelles Technologies, Musées*, 13, 129–145.
- Welch, R. B., Blackmon, T. T., Liu, A., Mellers, B. A., & Stark, L. W. (1996). The Effects of Pictorial Realism, Delay of Visual Feedback, and Observer Interactivity on the Subjective Sense of Presence. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 5(3), 263–273. <https://doi.org/10.1162/pres.1996.5.3.263>
- Wilson, T. V. (2023). *How Holograms Work*. HowStuffWorks.
- Zumthor, P. (2006). *Atmospheres: Architectural Environments, Surrounding Objects* (Birkhauser).

## 8. Table des illustrations

---

Figure 1 : Vue aérienne du Palais des Princes-Evêques de Liège - Nihant, J., et al., 2022 .....	2
Figure 2 : Peinture de Samuel Prout de la première cour (1833) - Nihant, J., et al., 2022.....	3
Figure 3 : Carte conceptuelle – réalisation personnelle .....	5
Figure 4 : Plan de la zone étudiée - Nihant, J., et al., 2022.....	7
Figure 5 : Coupe de la zone étudiée - Nihant, J., et al., 2022 .....	7
Figure 6 : Coupe de Durand (1840) - Nihant, J., et al., 2022.....	11
Figure 7 : Coupe actuelle - Nihant, J., et al., 2022 .....	11
Figure 8 : Marques de charpentiers - Nihant, J., et al., 2022.....	12
Figure 9 : Coupe longitudinale de l'aile est .....	13
Figure 10 : Assemblage d'un entrain - Nihant, J., et al., 2022 .....	13
Figure 11 : Cloisonnement en béton - Nihant, J., et al., 2022 .....	14
Figure 12 : Manquements dans les assemblages tenon-mortaise - Nihant, J., et al., 2022 .....	14
Figure 13 : Nœud de charpente étudié - Nihant, J., et al., 202 .....	15
Figure 14 : Ancien sommier de plancher - Nihant, J., et al., 2022.....	16
Figure 15 : Marques d'assemblages - Nihant, J., et al., 2022 .....	17
Figure 16 : Renfort en équerre métallique - Nihant, J., et al., 2022 .....	18
Figure 17 : Aisselier presque sorti de son arbalétrier - Nihant, J., et al., 2022.....	18
Figure 18 : Aisselier manquant dans le nœud - Nihant, J., et al., 2022 .....	19
Figure 19 : Croquis d'analyse - Nihant, J., et al., 2022.....	20
Figure 20 : Captures d'écran dans Recap - Nihant, J., et al., 2022.....	21
Figure 21: Captures d'écran dans AutoCAD - Nihant, J., et al., 2022.....	21
Figure 22 : Liaison entre une lucarne et la charpente - Nihant, J., et al., 2022 .....	22
Figure 23 : Assemblages des lucarnes - Nihant, J., et al., 2022 .....	22
Figure 24 : Modèle de Nofal – Nofal, E., et al., 2017.....	29
Figure 25 : Tableau à 3 variables - Image Google .....	47
Figure 26 : Modèles de représentation des couleurs - Images Google .....	47
Figure 27 : Principe de la machine à sous appliqué à notre sujet - Réalisation personnelle .....	48
Figure 28 : Schéma des choix successifs - Réalisation personnelle .....	49
Figure 29 : Jeux de liaisons - Images Google annotées .....	49
Figure 30 : Formation d'un cylindre avec une feuille - Images Google.....	50

Figure 31 : Schéma à 3 variables .....	50
Figure 32 : Types de liaisons - Réalisation personnelle .....	51
Figure 33 : Evaluation des combinaisons - Réalisation personnelle .....	52
Figure 34 : Ajout d'un critère - Réalisation personnelle .....	52
Figure 35 : Ajout d'un élément - Réalisation personnelle .....	53
Figure 36 : Encombrement du dessin - Réalisation personnelle .....	54
Figure 37 : Choix du nombre de variables - Réalisation personnelle .....	55
Figure 38 : Choix du nombre d'éléments par liste - Réalisation personnelle .....	56
Figure 39 : Incompatibilités - Réalisation personnelle .....	57
Figure 40 : Evaluation des liaisons - Réalisation personnelle .....	57
Figure 41 : Exemple d'une bonne combinaison - Réalisation personnelle .....	58
Figure 42 : Polyvalence potentielle - Réalisation personnelle .....	59
Figure 43 : Vue globale des étapes du protocole - Réalisation personnelle .....	59
Figure 44 : Choix des variables - Réalisation personnelle .....	60
Figure 45 : Listes des éléments pour chaque variable - Réalisation personnelle .....	62
Figure 46 : Evaluation des liaisons (application) - Réalisation personnelle .....	63
Figure 47 : Meilleures combinaisons - Réalisation personnelle .....	64
Figure 48 : Elimination des combinaisons incomplètes - Réalisation personnelle .....	65
Figure 49 : Meilleures combinaisons restantes - Réalisation personnelle .....	66
Figure 50 : Vue d'ensemble des meilleures combinaisons - Réalisation personnelle .....	66
Figure 51 : Choix de la combinaison - Réalisation personnelle .....	67
Figure 52 : Combinaison choisie - Réalisation personnelle .....	68
Figure 53 : Autres combinaisons potentielles - Réalisation personnelle .....	68
Figure 54 : Expérience complète potentielle - Réalisation personnelle .....	69

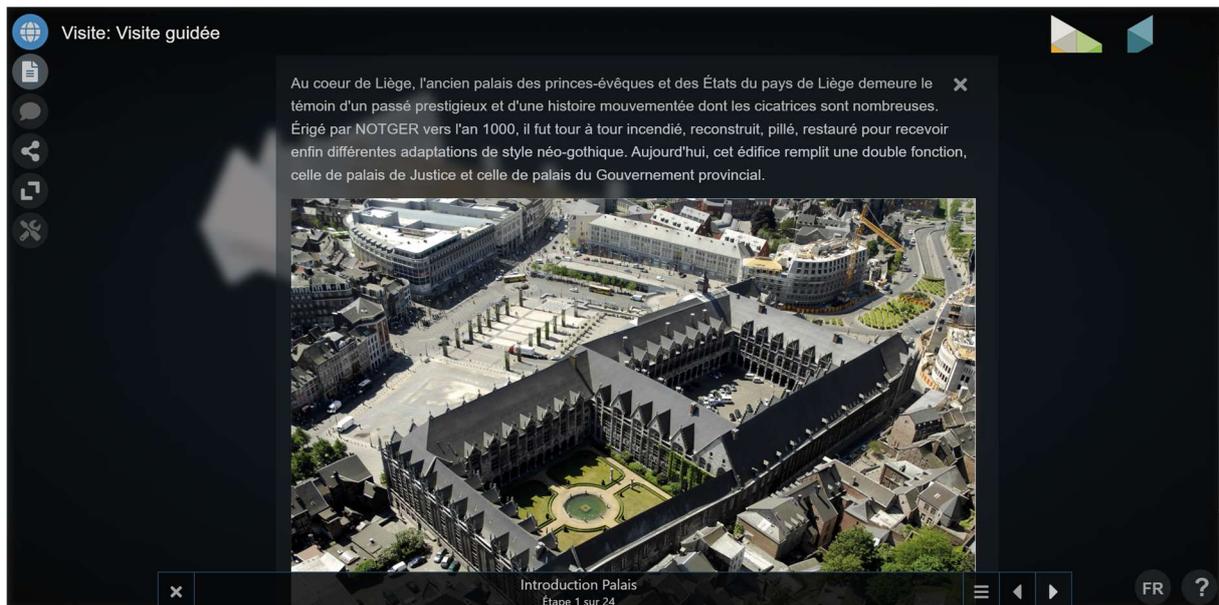
## 9. Annexes

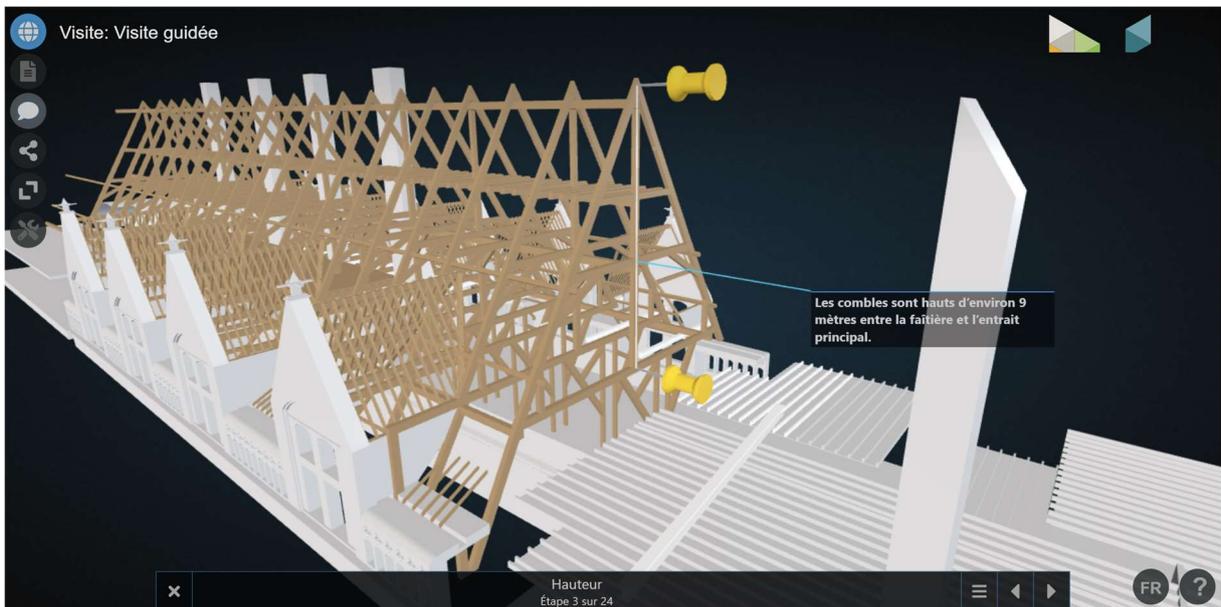
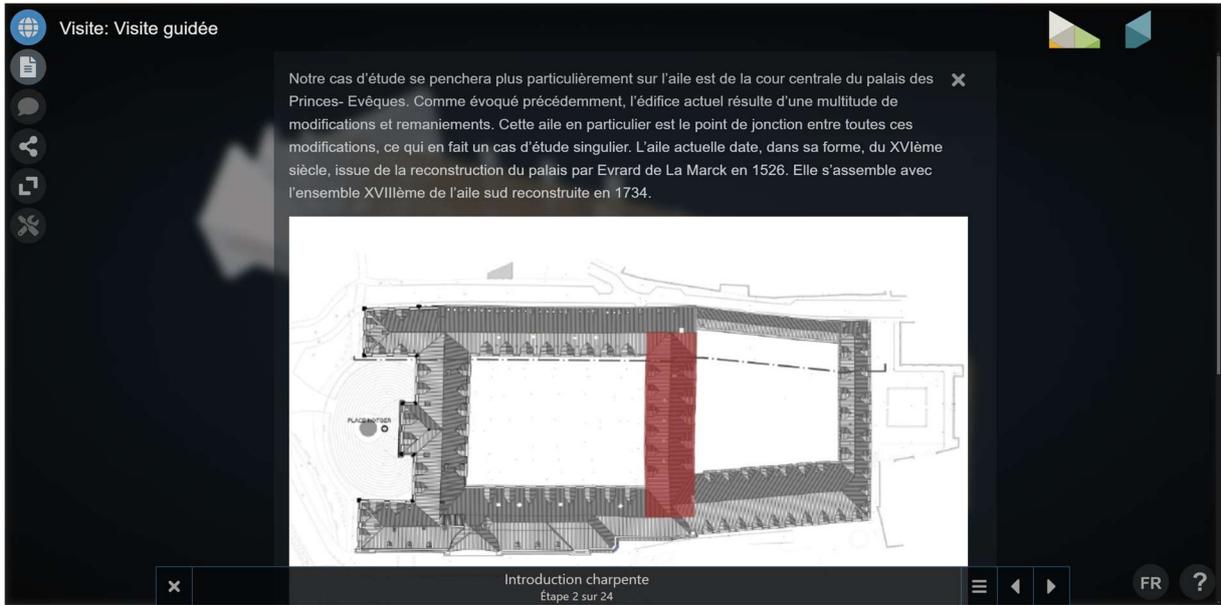
### Annexe 1 : Tableau des évaluation des liaisons

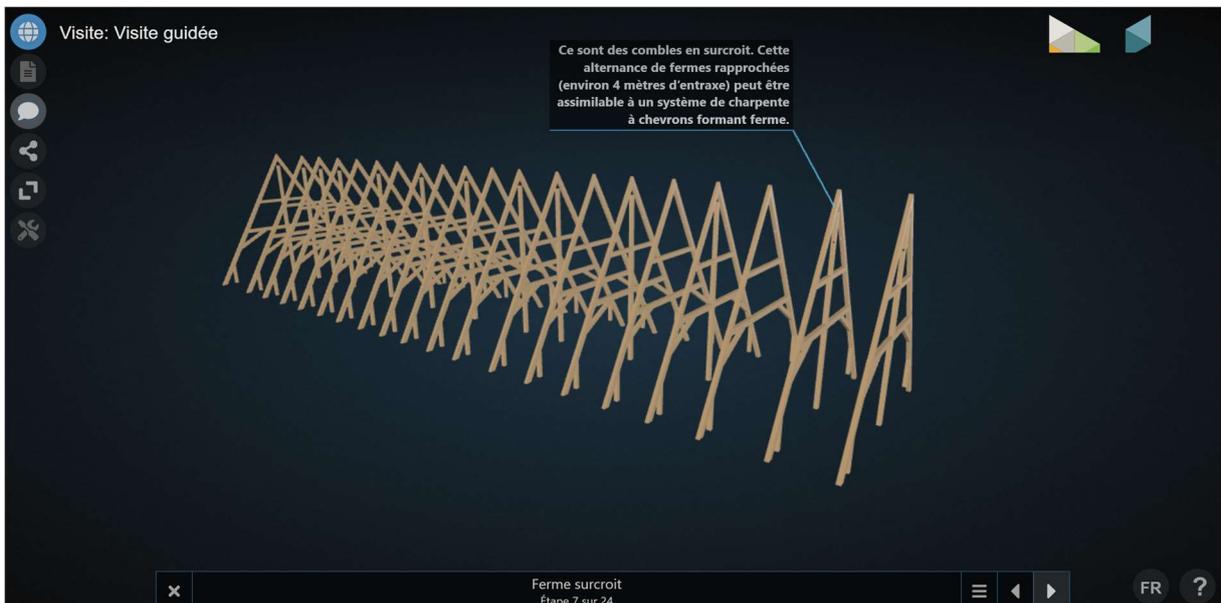
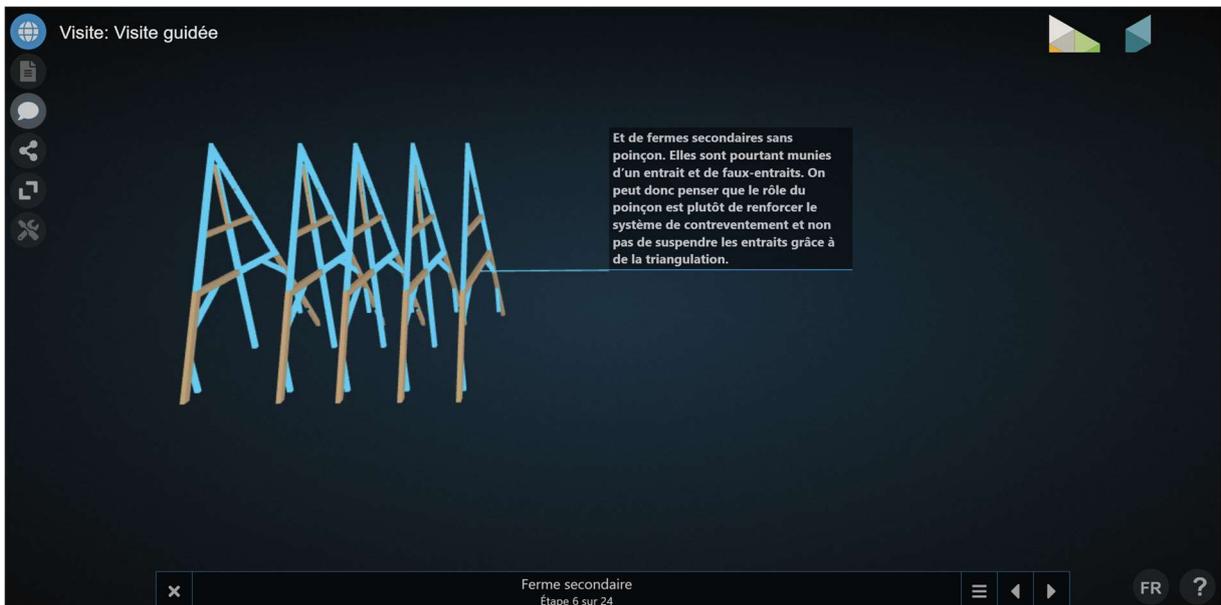
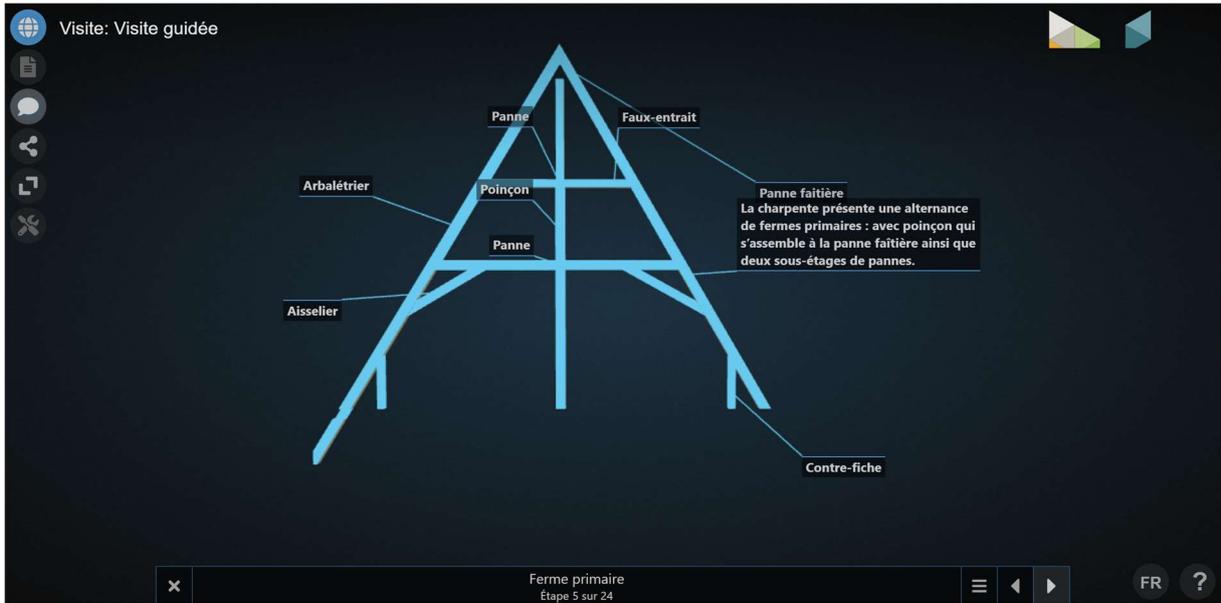
Liaison	Pertinence	Justification
TC VR	Bonne	Facilité d'être immergé dans un espace en 3 dimensions
TC VA	Bonne	Possibilité de tourner autour du modèle, affichage et désaffichage de certains éléments, informations complémentaires grâce aux annotations
TC BH	Bonne	Perception en 3 dimensions des structures, tourner autour du modèle 3D
TC VN	Moyenne	Peu dynamique, pas de possibilité à l'utilisateur de manipuler lui-même les informations présentées
MO VR	Moyenne	Peu d'animation possible
MO VA	Bonne	Animations possibles, annotations complémentaires, affichage de certains éléments uniquement, manipulation de l'utilisateur
MO BH	Mauvaise	Manque d'animation entre plusieurs modèle 3D distincts, qualité de l'image, pas de manipulation de l'utilisateur
MO VN	Moyenne	Belles animations possibles mais aucune interaction avec l'utilisateur
MC VR	Bonne	Grands zooms sur des endroits précis, bon niveau de détail, perception d'échelle qualitative
MC VA	Bonne	Rapprochements possibles, annotations complémentaires pour apporter des informations ciblées
MC BH	Mauvaise	Niveau de détail de l'image pas suffisant, zooms compliqués
MC VN	Bonne	Grande capacité de zoom, belles images, annotations et/ou explications orales
ET VR	Moyenne	Complexité de faire évoluer un même modèle, besoin de recul pour une bonne compréhension
ET VA	Moyenne	Difficulté de transformer une modélisation dans une même présentation
ET BH	Bonne	Ajouter des parties de modèles, bonne compréhension du modèle 3D qui se développe et qui grandit, possibilité de tourner autour
ET VN	Bonne	Récit de toutes les évolutions, raconter comme une histoire
VR GP	Bonne	Fascination générale pour cet outil assez récent
VR SP	Moyenne	Adaptation parfois compliquée comparée aux outils plus anciens
VR EA	Bonne	Eangouement pour ces outils auprès des plus jeunes générations, familier grâce à d'autres utilisations (jeux vidéos, ...)
VR TP	Moyenne	Utilisation peu pratique (équipement, préparation, espace et temps nécessaire)
VA GP	Bonne	Facilité de prise en main
VA SP	Bonne	Grand développement de ce genre d'outil depuis plusieurs années, pour des projets d'échelles variées (petits objets - site entier)
VA EA	Bonne	Familier avec la manipulation de ce genre d'outil
VA TP	Bonne	Flexibilité du temps d'utilisation, installation facile
BH GP	Moyenne	Intrigant mais se limite à de la simple observation
BH SP	Moyenne	Incompréhension possible de cette technologie
BH EA	Bonne	Attise la curiosité, suscite l'envie de comprendre comment cette technologie fonctionne
BH TP	Bonne	Attire le regard, curiosité des personnes qui passent à côté, installation plutôt facile dans un espace de déambulation
VN GP	Moyenne	Ennui potentiel car observation passive
VN SP	Bonne	Plonger dans une narration captivante les passionnés
VN EA	Mauvaise	Difficulté de rester concentré de manière passive durant une trop longue période
VN TP	Mauvaise	Peu de curiosité attisée avec cet outil fort commun, pas le temps de rester passif devant
GP TC	Moyenne	Difficulté de faire des liens avec des connaissances déjà acquises
GP MO	Moyenne	Technique non applicable de nos jours, impossible de les réutiliser
GP MC	Mauvaise	Détails trop subtiles de prime à bord, peu d'intérêt pour ces aspects "secondaires"
GP ET	Bonne	Fait appel à l'imagination de chacun pour se projeter dans le passé
SP TC	Bonne	Possibilité de comparer avec d'autres édifices connus
SP MO	Bonne	Curiosité de découvrir d'autres façons de faire, de construire, de penser la structure, ...
SP MC	Bonne	Déchiffrer et chercher les potentielles significations et origines de ces marques
SP ET	Bonne	Comprendre comment on en est arrivé à ce qu'on voit aujourd'hui, les étapes par lesquelles le lieu est passé
EA TC	Bonne	Apprendre des systèmes constructifs pour pouvoir les réutiliser en les adaptant aux techniques actuelles
EA MO	Moyenne	Elargie les connaissances mais avec des techniques parfois obsolètes et donc moins utiles
EA MC	Moyenne	Intérêt historique mais plus énormément utilisés de nos jours
EA ET	Bonne	Comprendre les évolutions au cours du temps, les anticiper dans des futures projets
TP TC	Moyenne	Peu d'intérêt pour un lieu qui n'est plus exploité
TP MO	Moyenne	Les techniques constructives intéressent moins les travailleurs qui ne sont pas dans le domaine de la construction
TP MC	Mauvaise	Subtilités discrètes qui ne suscite quasiment aucun intérêt pour les personnes lointaines aux questions du patrimoine bâti
TP ET	Bonne	Intéressant de savoir que ça n'a pas toujours été comme ça, comprendre que leur lieu de travail est important notamment de par son histoire

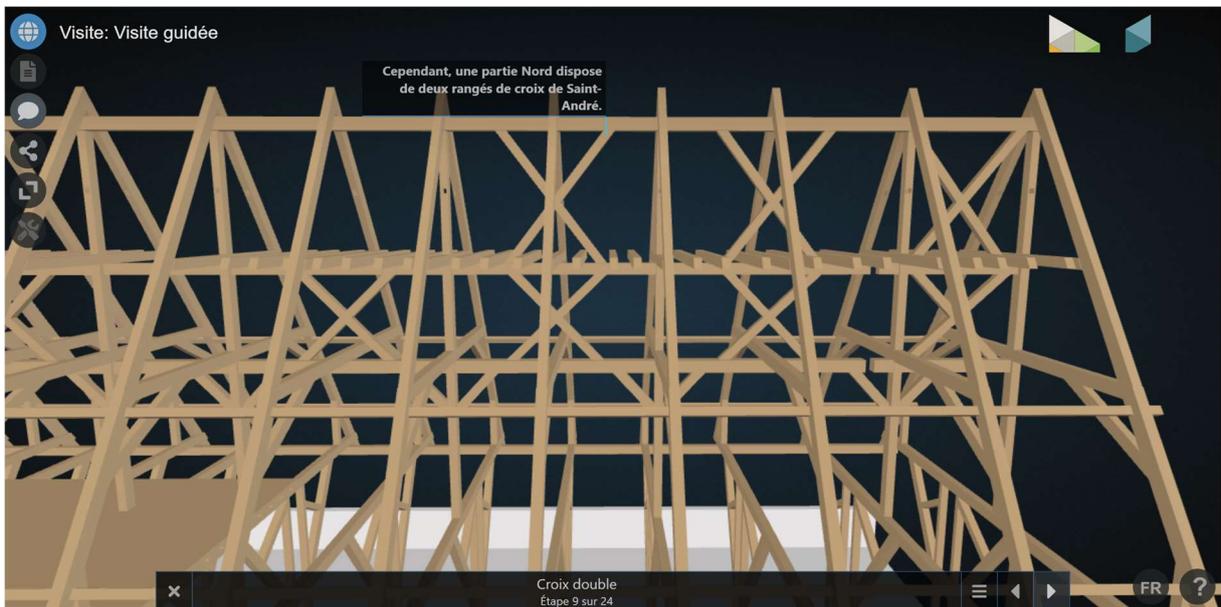
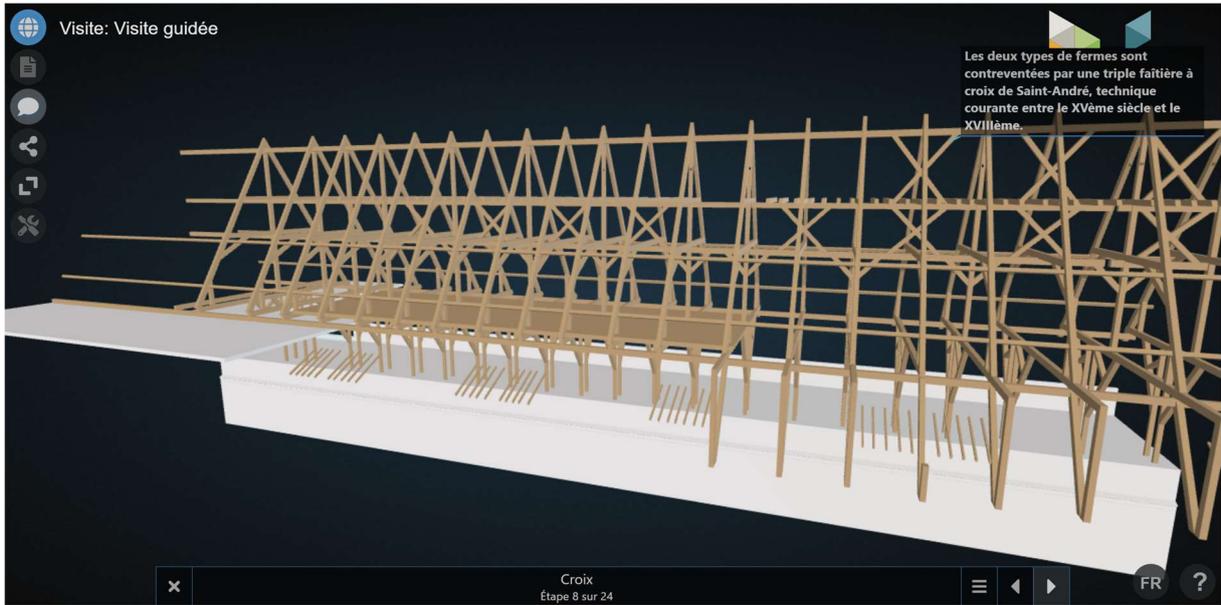
<b>TC</b>	Typologie de charpente	<b>VR</b>	Réalité virtuelle	<b>GP</b>	Grand public
<b>MO</b>	Mise en œuvre	<b>VA</b>	Visualisation annotée	<b>SP</b>	Spécialistes du patrimoine
<b>MC</b>	Marques de conception	<b>BH</b>	Borne holographique	<b>EA</b>	Etudiants en architecture
<b>ET</b>	Evolution temporelle	<b>VN</b>	Vidéo narrative	<b>TP</b>	Travailleurs du Palais

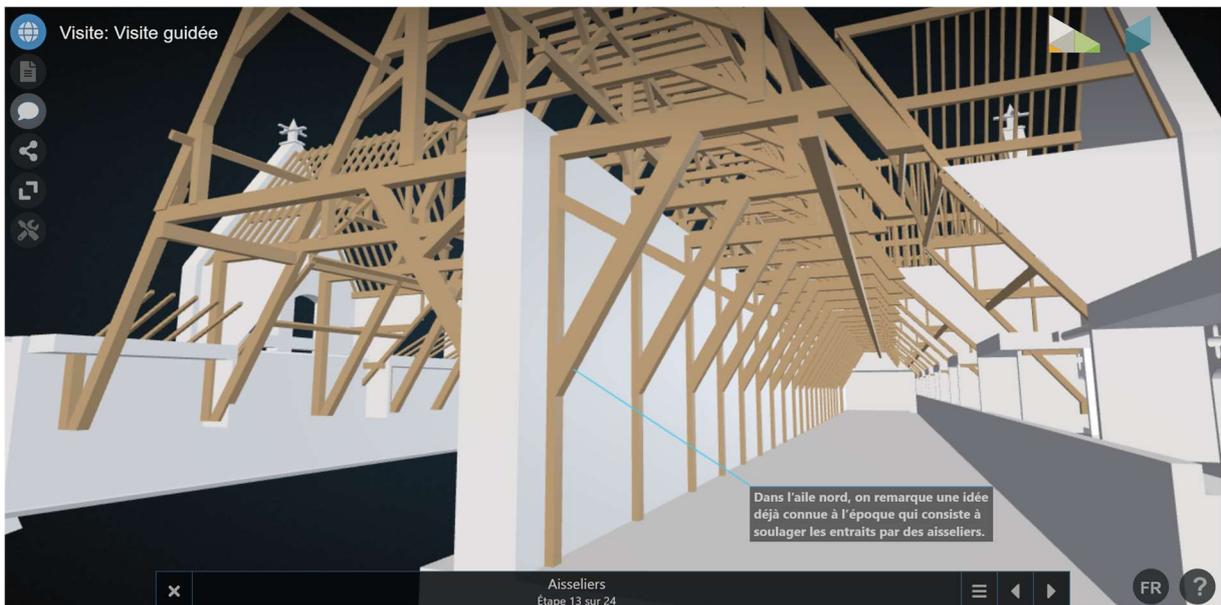
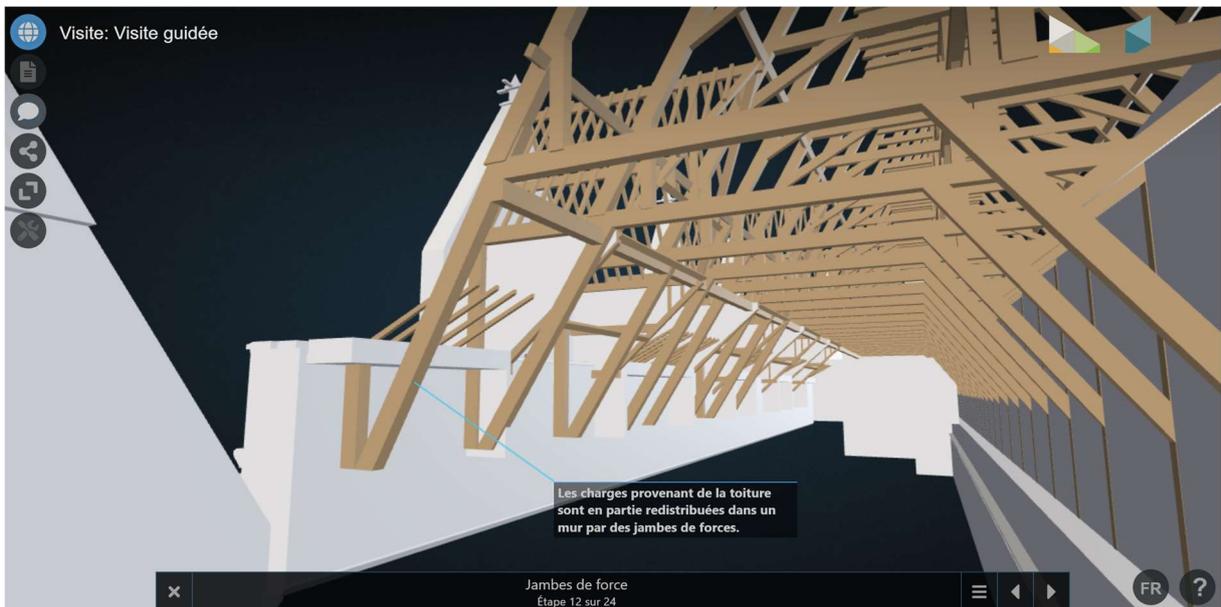
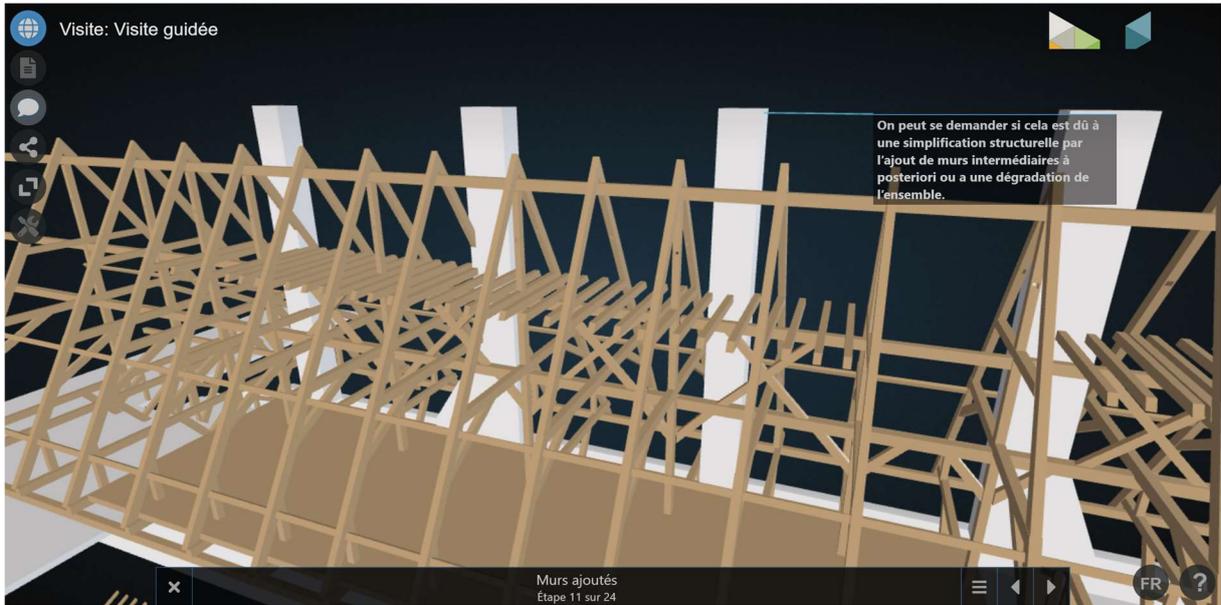
## Annexe 2 : Story board de la visite guidée

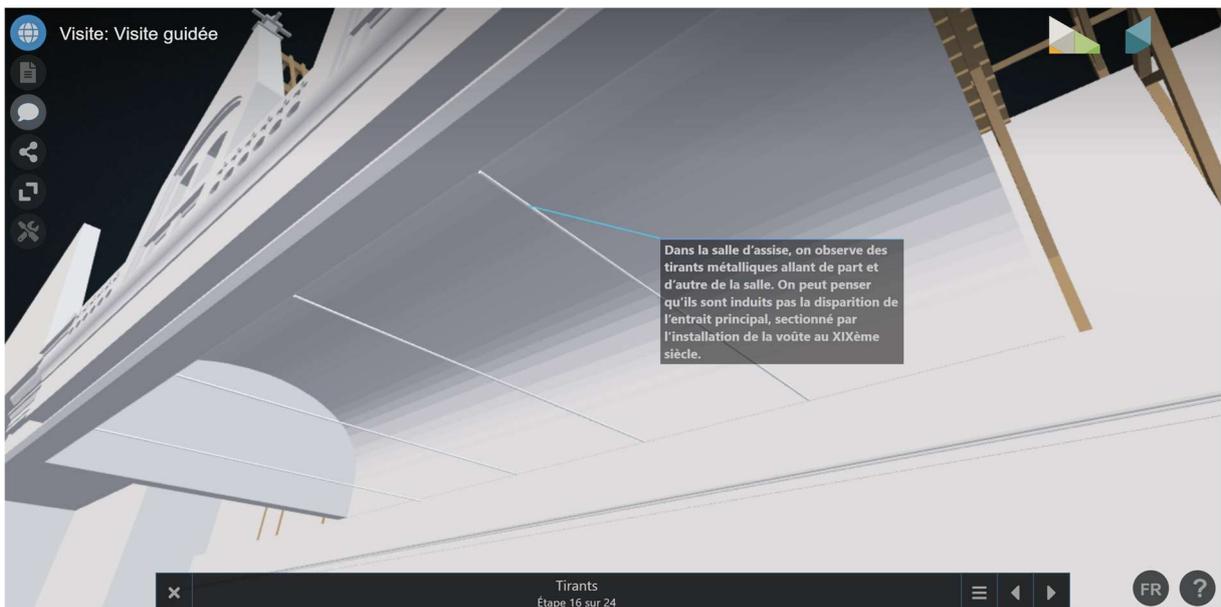
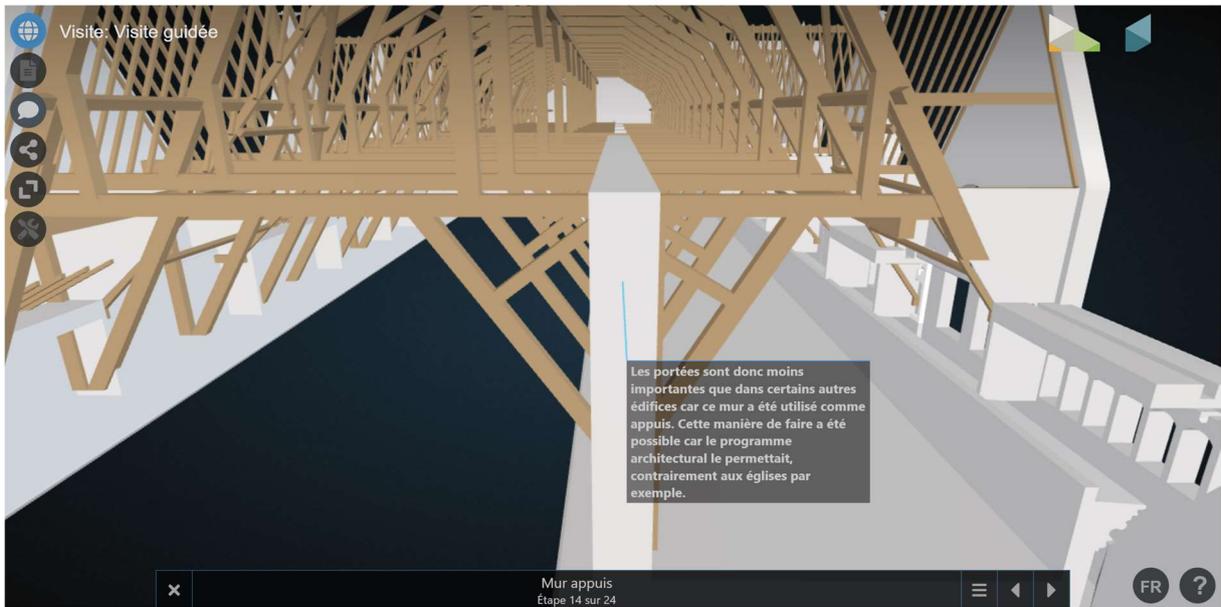


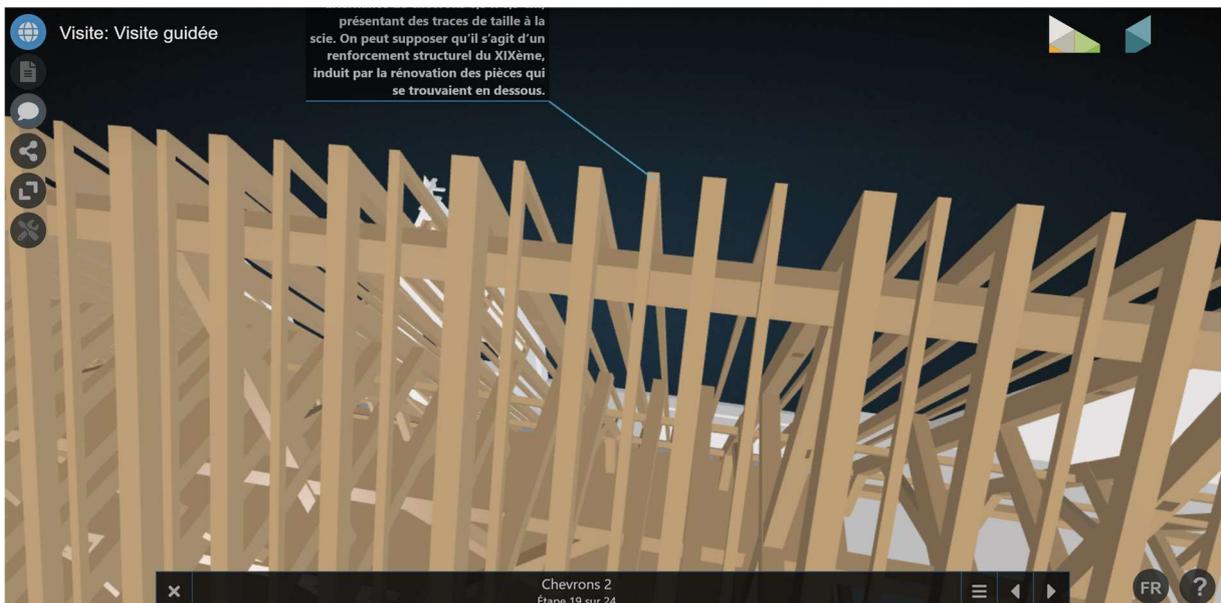
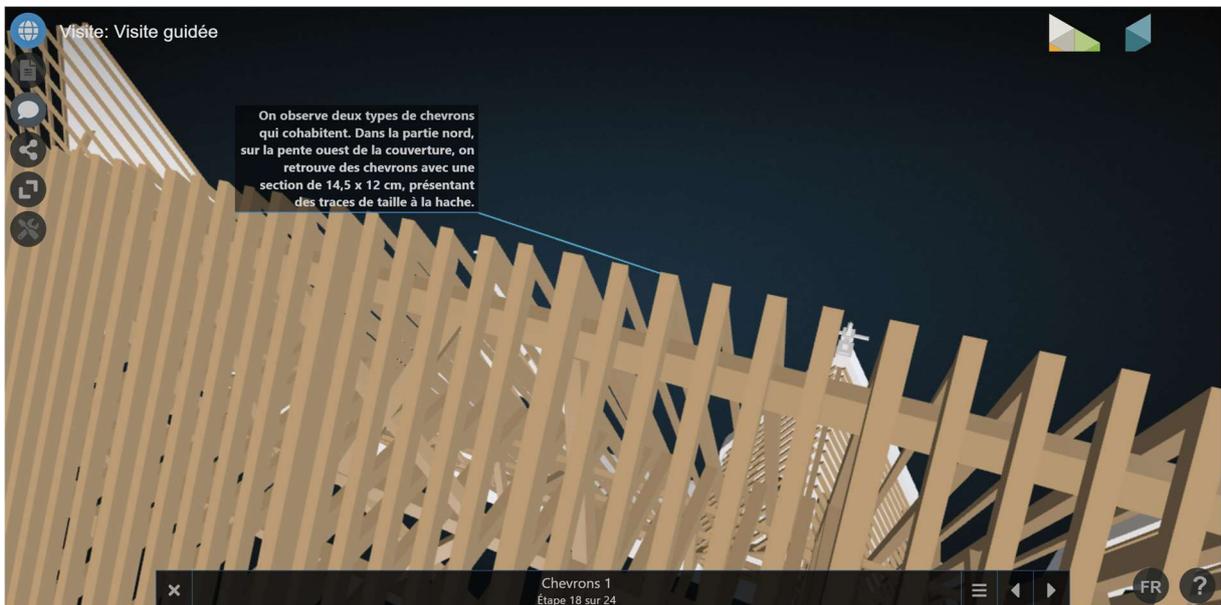
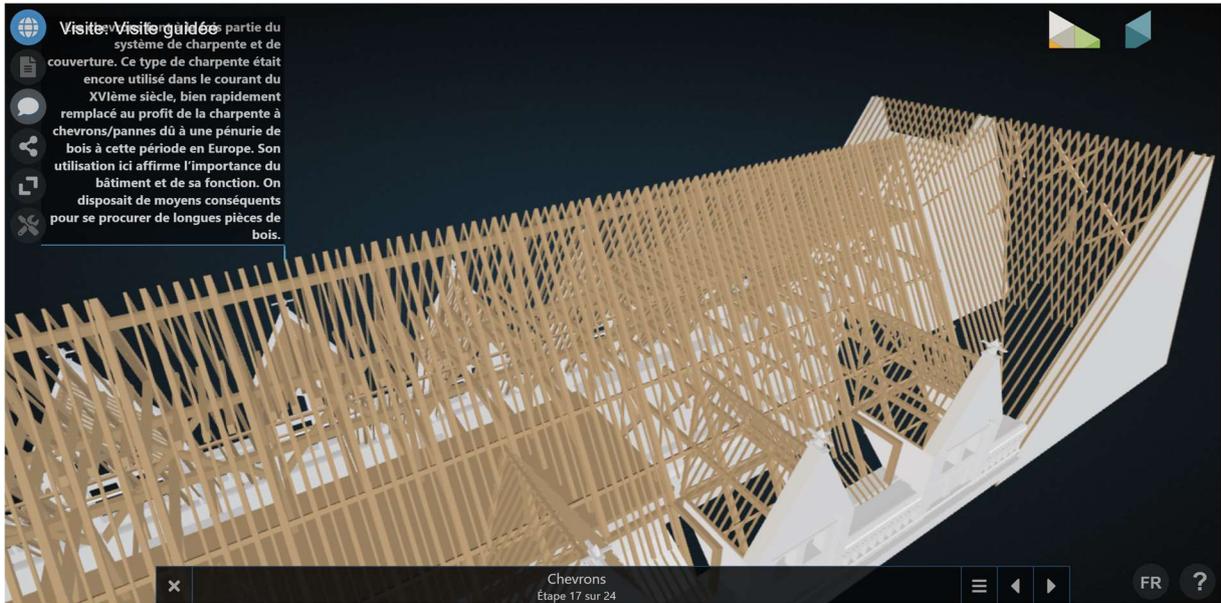


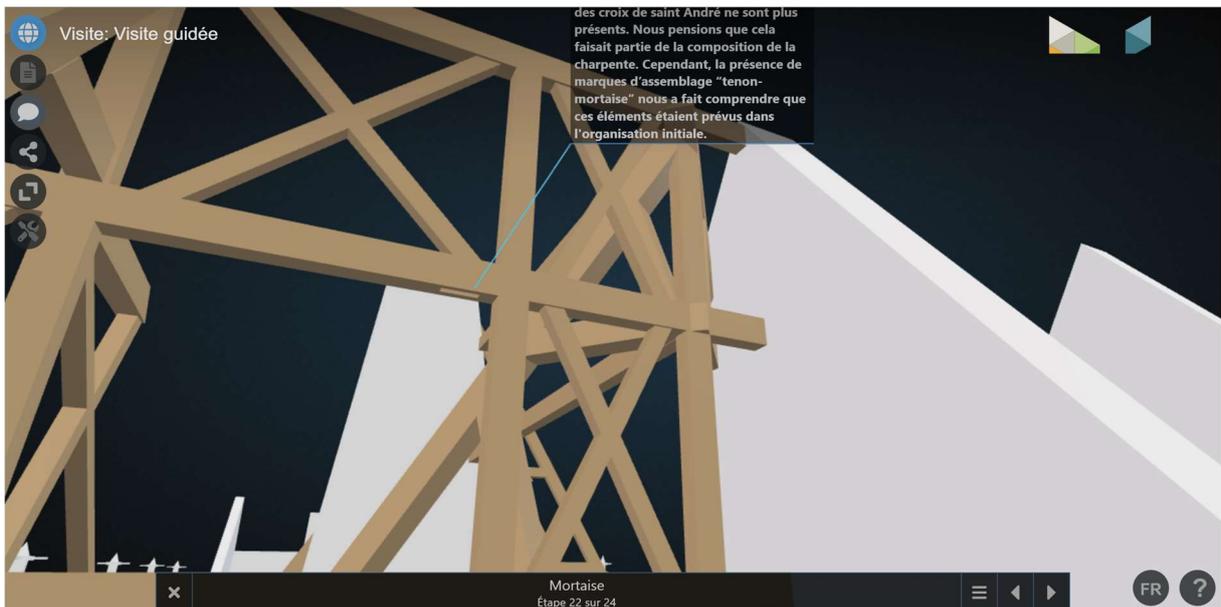
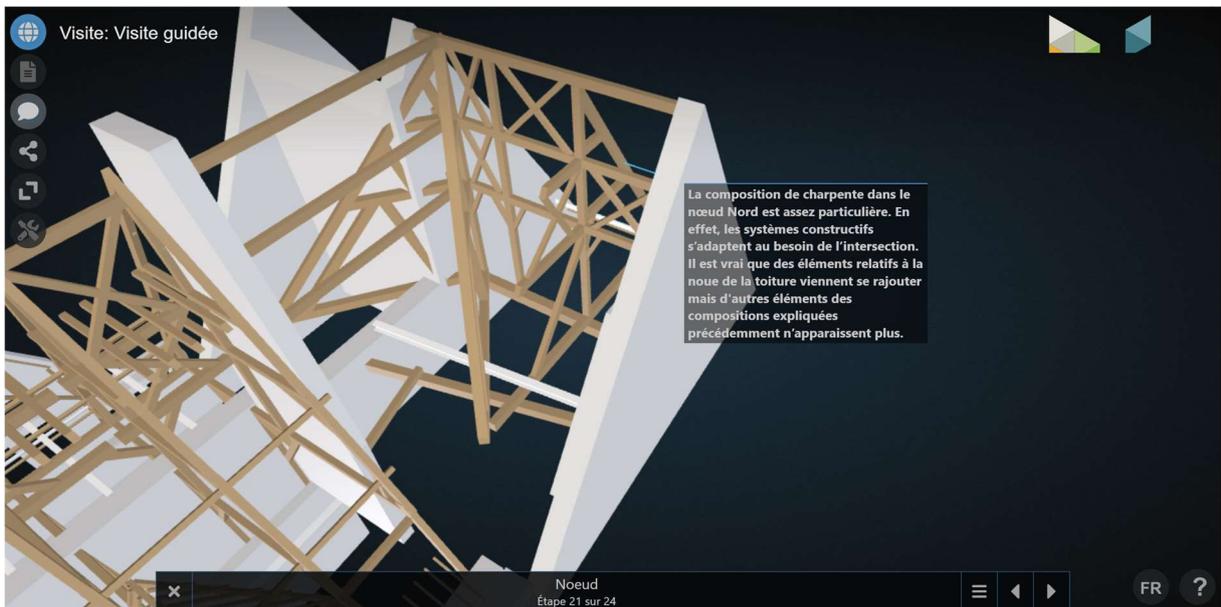


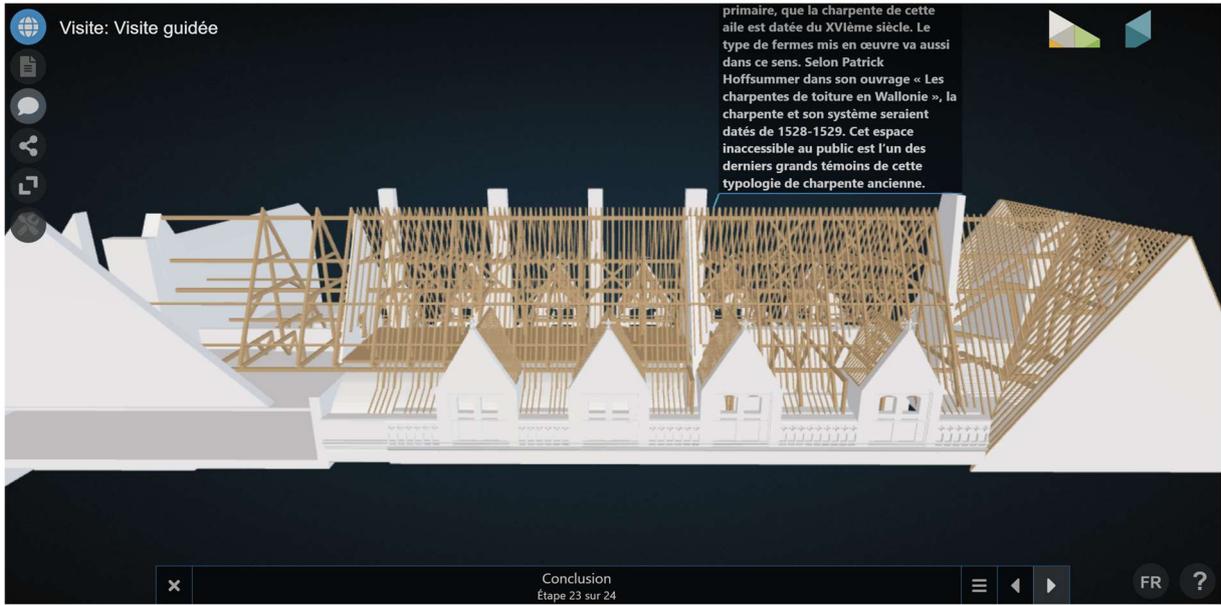












## Annexe 3 : Questionnaire



Benjamin MAHIAT  
Promoteur : Pierre HALLOT

**Expérience de médiation numérique : adéquation entre un outil, une valeur et un public**

**Parcours d'une modélisation 3D annotée**

### QUESTIONNAIRE

#### INTRODUCTION

Age :

Genre :

Avez-vous déjà utilisé des logiciels 3D ?

Avez-vous déjà utilisé eCorpus ?

#### COMMUNICATION DE LA VALEUR

Selon vous, quel était le but de la présentation ?

Avez-vous tout compris de ce qui a été présenté ?

Citer les différents sujets abordés durant cette visite guidée.

Pensez-vous que la visite guidée virtuelle a contribué à une bonne compréhension de la typologie de charpente ?

L'exploration libre vous a-t-elle permis d'en apprendre plus ?

#### OUTIL

Quelle a été votre première impression de la modélisation 3D ?

Avez-vous trouvé que la présentation était immersive ?

La qualité d'image est-elle suffisante pour permettre une compréhension adéquate des systèmes constructifs ?

La visualisation de cette présentation a-t-elle été agréable pour vous ?

L'exploration libre était-elle facile à prendre en main ?

Avez-vous rencontré des difficultés à comprendre certaines informations à cause de l'outil de médiation ? Si oui, lesquelles ?

Pensez-vous que l'utilisation de cet outil de médiation a ajouté de la valeur à la présentation comparé à une présentation plus classique ?

Selon vous, quels sont les avantages et les inconvénients de cet outil ?

Avantages	Inconvénients

#### **ENTRETIEN**

Quel est votre ressenti global après cette expérience ?

Quel est votre opinion personnelle sur ce moyen de médiation ?

Selon vous, quels éléments pourraient être améliorés ?

Voulez-vous approfondir certains points ?

## Annexe 4 : Réponses des participants

Question	P1	P2	P3	P4
Age	23	24	24	23
Genre	Homme	Femme	Femme	Femme
Connaissance des logiciels 3D	Oui	Oui	Oui régulièrement	Oui
Connaissance d'eCorpus	Non, jamais	Non	Non jamais	Non

VALEUR				
<b>Compréhension du but</b>	Découvrir le logiciel et toutes ses possibilités et apprendre grâce à une modélisation d'une charpente, son histoire et ses caractéristiques techniques et autres.	De pouvoir explorer et comprendre l'utilisation du logiciel afin de visualiser et visiter des lieux non accessibles au public	Le but premier était probablement de nous faire visiter (virtuellement) un objet du patrimoine qui est inaccessible.	Découvrir le logiciel, vérifier si la prise en main est fluide et compréhensible, afin de comprendre la structure de l'édifice, tant visuellement qu'historiquement.
<b>Compréhension des éléments présentés</b>	Oui, tout était très clair.	oui tout était clair	Oui, tout était clair.	Oui, tout était clair. Cependant, la partie sur les bulles n'est pas toujours facile à comprendre si l'on n'est pas sur la bonne vue (côté supérieur gauche, bulle 3).
<b>Mémorisation des sujets abordés</b>	Histoire du lieu dans les combles, vocabulaire de charpente	L'explication des différents éléments qui constituent la charpente ; mettre en avant les différentes sections structurelles de la charpente, telles que la croix de Saint-André ; les étapes de rénovation (fortification) de la charpente : ajout d'éléments structurels peut-être en raison des rénovations des pièces du palais ; l'identification de différents types de chevrons	L'historique du bâtiment (les événements survenus comme l'incendie, ses différentes fonctions et modifications au cours du temps) ; L'aspect structurel du bâtiment (ce qui compose la charpente, les méthodes d'assemblages, les matériaux/compositions, les traces comme la scie ou la hache) ; Les hypothèses (pourquoi l'ajout de tel élément etc.) ; L'inaccessibilité du site au public	La visite de la charpente à travers son histoire et ses différentes modifications et utilisations, le vocabulaire ainsi que l'identification des différentes parties de celle-ci, et une exploration personnelle des lieux.
<b>Apprentissage via la visite guidée</b>	Oui	oui, à travers les différentes étapes de la visite guidée nous avons pu découvrir les différents éléments qui constituent une charpente ainsi que de comprendre l'histoire et la typologie de la charpente du palais des princes évêques.	Oui. Seuls certains termes assez complexes mériteraient d'être légendés (pour un public non averti).	Oui, cela a permis d'avoir beaucoup plus d'informations que si la visite avait été faite seule, sans aide, ce qui a vraiment aidé à comprendre cette charpente.
<b>Apprentissage via l'exploration</b>	Oui, elle a permis de découvrir des outils supplémentaires allant du simple déplacement à l'outil de mesure assez précis.	La visite guidée était suffisante pour comprendre la charpente, mais l'exploration libre a offert l'opportunité de revenir sur certains points pour les approfondir et de visualiser les éléments de la structure de manière plus autonome.	Elle m'a permis de mieux m'immerger dans l'architecture sans pour autant obtenir des informations supplémentaires car tout était déjà expliqué clairement durant la visite guidée.	Du point de vue des informations, non, mais cela a peut-être tout de même permis de mieux visualiser les choses et de prendre le temps.

OUTIL				
<b>Première impression</b>	Impressionnant et très ludique en même temps.	Modélisation claire et précise de la charpente	C'est complexe et vaste.	Très intéressante, et on se rend compte de la complexité de la charpente.
<b>Immersion</b>	Oui, très immersive de part les zooms et dézooms dans et autour de la charpente.	Oui, la présentation était immersive ; elle permettait à l'utilisateur du logiciel de s'immerger pleinement dans l'expérience, en offrant une exploration détaillée et interactive des fonctionnalités.	La navigation se fait rapidement et de manière relativement fluide. Seulement, le niveau de détail des éléments de charpentes est peut-être top « lissé » et diminue ainsi le niveau de « réalisme » de l'expérience. L'ajout de texture ou d'un environnement plus réaliste permettrait peut-être que cela soit plus immersif. Peut-être aussi des sons/musique pour ajouter une ambiance plus immersive.	Oui, on arrive vraiment à s'imaginer à l'intérieur.
<b>Qualité d'image</b>	Selon moi, oui.	Oui, cependant, lors de l'utilisation de l'outil « coupe », la couleur bleue, qui apparaît, affecte à la compréhension du modèle 3D.	Oui	Totalement, pour moi, oui.
<b>Visualisation agréable</b>	Oui	Oui	Oui, je me suis bien amusée.	Oui, surtout qu'on peut changer le visuel, ce qui permet de s'adapter à chaque individu.
<b>Facilité de prise en main</b>	Oui, assez facile. Peut-être d'autant plus car j'utilise souvent des logiciels 3D ?	Oui, sauf pour la partie des bulles, car si nous n'étions pas sur la bonne vue, elles n'apparaissent parfois pas.	Oui, j'ai immédiatement compris le fonctionnement et si je n'avais pas compris des outils étaient mis à ma disposition pour m'aider.	Oui, sauf la partie des bulles, comme dit précédemment.
<b>Difficultés rencontrées</b>	Je n'ai pas rencontré de difficultés.	Non, tout était clair	Non.	Bulle 3.
<b>Valeur ajoutée</b>	Oui, car elle nous plonge dans cet univers assez magique qui peut faire penser à une forêt d'arbres	Oui, car cela permet à chaque utilisateur de vivre une expérience personnalisée, de prendre son temps et de manipuler la présentation à sa manière pour mieux comprendre le contenu.	Oui, c'est dynamique et la partie libre permet de revenir sur des éléments, de mieux les comprendre, les visualiser et de s'imprégner du lieu.	Totalement, ça permet de personnaliser la visite et l'expérience de chaque personne et offre quelque chose de plus immersif.
<b>Avantages</b>	Ludique, permet de se projeter dans un lieu très peu visité par un public. L'outil de mesure est assez pratique pour des relevés futurs du lieu	Permettre une visite guidée de lieux non accessibles ; une bonne compréhension de la typologie de la charpente grâce à la visite guidée et l'exploration libre	Rapidité ; fluidité ; visualisation ; efficacité ; possibilités : on peut aller n'importe où ce qui ne serait pas possible dans la vraie vie lors d'une visite par exemple.	Personnalisation de l'interface ; visite en plusieurs parties, changement de rythme, dynamique ; les informations accessibles à chaque niveau de connaissance
<b>Inconvénients</b>	Peut-être qu'il ne soit pas accessible à tous (personnes âgées, n'ayant pas vraiment de connaissance en utilisation d'un ordinateur).	Compréhension du fonctionnement de l'outil est moins clair sans l'explication oral, cependant les utilisateurs peuvent explorer les différents outils qui ne sont pas difficiles à comprendre	Manque de « réalisme » : cela ne peut pas être aussi « immersif » que la réalité.	Compréhension du fonctionnement sans doute moins clair sans l'explication oral ; utilisation sans souris quelque peut plus complexe et sensible

ENTRETIEN				
<b>Ressenti global</b>	Impressionné par les différents outils proposés. Particulièrement l'outil « coupe ».	Expérience agréable et très intéressante	J'ai trouvé ça très intéressant, surprenant et complet.	Très intéressant, cela permet de rendre le complexe accessible à tous.
<b>Opinions personnels</b>	Très intéressant pour plonger un potentiel client ou invité dans un lieu difficile d'accès ou pas encore construit.	Ce moyen de médiation permet de transmettre l'histoire et la typologie de la charpente de manière interactive et captivante à un public non spécialisé dans le domaine. Comme mentionné précédemment, il rend également accessibles des lieux qui ne peuvent être visités en personne.	Je trouve que cela pourrait être utilisé dans le cas d'autres biens classés au patrimoine car si ces derniers sont inaccessibles ou qu'ils ne sont plus en état, cela permet de garder une trace, une archive, une version numérique qui elle est « éternelle ».	Je pense que ce genre d'outil aide énormément à la compréhension de l'architecture et permet de vraiment vivre une expérience.
<b>Améliorations</b>	Les textures et couleurs lorsque l'on utilise les outils de coupes.	Les éléments qui pourraient être améliorés sont l'outil des bulles et si possible l'outil « coupe » pour ne plus avoir la couleur bleue. Peut-être ajouter au début une petite fiche d'explication de chaque outil.	Texture ; son	Le côté intuitif du logiciel du point de vue de son utilisation.
<b>Points à approfondir</b>	Non merci, tout était très clair.	Non	Non j'ai trouvé que toutes les questions ont fait le tour du sujet.	Non

