

PROJET *MINSIGHT* (EX PROJET HOLOSTORIA)

*Compte rendu des recherches et expérimentations menées
dans le cadre de l'Appel à Projets Services Numériques Innovants
du Ministère de la Culture et de la Communication 2016*

Instigateurs et partenaires du projet

Pour *Minsight* :

- **Soraya Jaber**, présidente et co-fondatrice d'Opuscope
- **Thomas Nigro**, directeur technique et co-fondateur d'Opuscope
- **Maëlys Jusseaux**, chargée de projets culturels chez Opuscope et engagée dans une thèse CIFRE sur les technologies XR et le patrimoine (Université Paris 8)

Pour le Centre des monuments nationaux (CMN) :

- **Philippe Bélaval**, président
- **David Kolin**, chef du pôle numérique
- **Indrek Parnpuu**, chef de projet numérique
- **Hanna Mauvieux**, chargée de projets à la mission stratégie prospective et numérique
- **Lina Nakazawa**, cheffe de projet multimédia
- **Laure Pressac**, cheffe de la mission stratégie, prospective et numérique
- **Caroline Calpena**, responsable du service des publics et chargée d'actions éducatives aux Châteaux de Pierrefonds et Coucy

Pour le Musée des Arts Décoratifs (MAD) :

- **David Caméo**, directeur général
- **Olivier Gabet**, directeur des musées
- **Catherine Collin**, responsable du service des publics, médiation et développement culturel

Pour le Musée d'Archéologie Nationale Domaine national de Saint-Germain-en-Laye (MAN) :

- **Hilaire Multon**, directeur
- **Thomas Sagory**, responsable du développement de la politique numérique
- **David Laporal**, responsable du développement culturel et des publics
- **Ambre Meulenbroeks**, stagiaire chargée de mission de la collection Grands sites archéologiques
- **Léa Grandin**, stagiaire en suivi éditorial de la collection Grands sites archéologiques
- **Emilie Houdayer**, stagiaire chargée des réseaux sociaux



Sommaire

Table des matières

Instigateurs et partenaires du projet	1
Pour <i>Minsight</i> :	1
Pour le Centre des monuments nationaux (CMN) :	1
Pour le Musée des Arts Décoratifs (MAD) :	2
Pour le Musée d'Archéologie Nationale Domaine national de Saint-Germain- en-Laye (MAN) :	2
Introduction	5
I. Synthèse de la mise en œuvre du projet	7
A. Le Centre des monuments nationaux.....	7
Le Château de Pierrefonds.....	7
La basilique de Saint Denis.....	16
B. Le Musée des Arts Décoratifs.....	18
Le Rhinocrétaire.....	18
Les crânes de la baronne Rothschild.....	22
Initiation aux guides-conférenciers	25
C. Le Musée d'Archéologie Nationale	28
D. Bilan des retards techniques.....	29
II. Point technique sur <i>Minsight</i> : facteurs clés de succès et freins actuels	30
A. Le portage de <i>Minsight</i> sur d'autres plateformes que l'Hololens	30
B. L'import d'éléments 360°	32

C.	Expériences interactives.....	32
D.	Fonctionnalités de création.....	33
E.	L'arrivée de la collaboration.....	36
III.	Prochaines perspectives	37
A.	Le Centre des monuments nationaux.....	37
	Objectifs généraux.....	37
	L'Hôtel de Sully	39
B.	Le Musée d'Archéologie Nationale	46
	La salle Piette	46
	L'histoire du château royal de Saint-Germain-en-Laye.....	49
	La salle de la mosaïque	51
	La Chapelle	53
C.	Le Musée des Arts Décoratifs.....	56
	Conclusion	57
	ANNEXE	58
	Questionnaire proposé lors de l'expérimentation à Pierrefonds	58

Introduction

La société Opuscope, fondée début 2016 par Soraya Jaber et Thomas Nigro, développe le logiciel *Minsight* (anciennement *projet Holostoria*), solution de démocratisation de la création en réalité augmentée, virtuelle et mixte. Au cœur de cette solution se trouvent trois objectifs majeurs.

Le premier est de proposer un logiciel qui permet de créer facilement et rapidement des expériences de réalité augmentée, mixte et virtuelle, sans compétences techniques et à même le casque. Cela signifie que le processus même de création d'une expérience avec *Minsight* est immersif, contrairement à n'importe quel logiciel actuel de création 3D qui se fait à travers une interface 2D sur un écran d'ordinateur.

Le deuxième objectif est de permettre aux créateurs de ces expériences de les distribuer massivement, en quelques minutes, sur des millions d'appareils supportant la réalité augmentée et la réalité virtuelle, grâce à la compatibilité multiplateforme des expériences *Minsight*. Par exemple, Opuscope travaille au développement d'un système de cloud qui permettra à tous les utilisateurs se connectant à *Minsight* d'avoir accès instantanément à toutes les expériences de réalité mixte qui auront été créées dans leur environnement, grâce à la reconnaissance de ses coordonnées GPS par *Minsight*. Ces expériences pourront être visionnées grâce à une déclinaison de *Minsight* qui se nommera *XR View*, et qui sera disponible pour l'ensemble des mobiles compatibles réalité augmentée courant 2019.

Enfin, le troisième objectif est d'améliorer continuellement l'application par l'intégration d'outils d'analytics et d'analyse comportementale en 3D.

Soraya Jaber étant historienne de l'art de formation, l'objectif de départ de la société Opuscope était de proposer aux institutions culturelles un outil de création

d'expériences immersives permettant de mettre en valeur les collections et d'amplifier le storytelling. En effet, face à des musées dont la fréquentation reste faible, Opuscope voit en les technologies XR un outil de médiation intuitif et pédagogique ayant pour vocation de faciliter la compréhension d'une proposition culturelle par le plus grand nombre.

A travers *Minsight*, anciennement *projet Holostoria*, l'objectif était de proposer un dispositif innovant et inédit qui donnerait aux institutions culturelles un nouveau souffle et leur permettrait de conquérir un public plus large. Cet objectif, même si ouvert à d'autres domaines tels que le retail ou l'industrie, conserve sa valeur aux yeux des fondateurs. En 2016, la société Opuscope a été sélectionnée dans le cadre de l'appel à projets du Ministère de la Culture "Services Numériques Innovants" (SNI). Le but de cet appel à projet était de réaliser un logiciel adapté aux besoins précis des institutions culturelles en matière de scénographie et de médiation. Dans le cadre de cet appel à projets, et jusqu'au moment de la rédaction du présent document, Opuscope a été amenée à travailler avec ces trois partenaires, le Centre des monuments nationaux, le Musée des Arts Décoratifs ainsi que le Musée d'Archéologie Nationale. Les deux dernières années ont surtout été l'occasion de recherches techniques, ayant mené notamment à une expérimentation publique au Château de Pierrefonds. Toutefois, nous avons dû faire face à un certain retard notamment lié à d'importantes difficultés techniques dans le développement de l'application.

Ce rapport a donc pour objectif de réaliser une synthèse de la collaboration d'Opuscope avec le Centre des monuments nationaux, le Musée des Arts Décoratifs et le Musée d'Archéologie Nationale dans le cadre de l'Appel à Projets Services Numériques Innovants 2016. Dans un premier temps, nous reviendrons sur les différentes étapes de la mise en place et de la conduite du projet selon les trois institutions. Ensuite, nous ferons un bilan des facteurs de succès et des principales

limites du logiciel *Minsight* à l'heure de l'écriture de ce rapport. Enfin, nous terminerons par détailler les prochaines perspectives pour l'année 2019.

I. Synthèse de la mise en œuvre du projet

A. Le Centre des monuments nationaux

Le Château de Pierrefonds

Objectifs et contexte du projet



Figure 1: Château de Pierrefonds. © <http://carte-education.fr/chateau-de-pierrefonds>

Le premier objectif de la collaboration avec le Centre des monuments nationaux dans le cadre de l'appel à projets SNI 2016 a été de réaliser une expérimentation en réalité mixte au Château de Pierrefonds. Cette expérimentation publique a pris place les 18 et 19 novembre 2017 dans le cadre plus global d'un week-end proposant plusieurs activités : l'essai des casques Hololens notamment, mais également d'autres activités liées au Moyen-âge et à la culture médiévale.

Suivant l'esprit de la restauration du château par Viollet-le-Duc au XIXe siècle, Napoléon III décida de réunir une importante collection d'armes et d'armures anciennes, afin de les exposer dans une des plus belles salles du château, la Salle des Preuses. L'objectif de Napoléon III, similaire à celui de Viollet-le-Duc, n'était pas de proposer une reconstitution historique, mais bien de restituer un esprit particulier, en l'occurrence l'esprit médiéval tel qu'il était "ressenti" et imaginé au XIXe siècle. Malheureusement, suite à la guerre de 1870, la collection fut évacuée dans un premier

temps au musée du Louvre, avant d'être de nouveau déplacée au Musée des Invalides en 1880, où elle réside encore aujourd'hui.

N'ayant jamais réussi à obtenir le retour de cette collection, le personnel du château de Pierrefonds souhaitait en proposer une restitution numérique en 3D dans la Salle des Preuses, afin notamment de restituer l'impact de cette collection sur les visiteurs entrant dans la salle. Dans la même optique, le but du projet était de donner aux visiteurs des clés de lecture concernant cette salle et



son rôle au temps de Napoléon III. Nous voulions offrir au visiteur la possibilité de déambuler dans un espace mêlant réalité et numérique pour voyager dans le temps et appréhender autrement cette salle.

Figure 2: La collection d'armes et d'armures de Napoléon III dans la salle des Preuses. © CMN, MAP cote MH 199702.

Elaboration du projet en amont

Nous avons travaillé avec le Centre des monuments nationaux à partir de storyboards et de premières guidelines. L'expérimentation était censée être vécue sur Hololens, et des commentaires audios devaient pouvoir être déclenchés lorsque le visiteur passait sur différents points d'intérêt (POI). Ces POI ont été définis par le Centre des monuments nationaux : l'entrée de la salle devait donner lieu à un commentaire introductif sur le château de Pierrefonds. Le deuxième POI devait déclencher un commentaire sur la salle des Preuses elle-même. Le troisième POI, ensuite, devait donner des informations sur les statues des chevaliers. Venaient ensuite le quatrième et le cinquième POI, respectivement dédiés aux statues des Preux et des Preuses. Sous les statues des Preuses, nous voulions placer des cartels numériques indiquant le nom

des femmes réelles représentées par ces statues, par exemple l'impératrice Eugénie. Enfin, pour compléter ces cartels numériques, il était question de présenter des photographies de ces personnes (Figures 3 et 4).



Figure 4: Détail de la cheminée des neuf Preuses, château de Pierrefonds. © Pierre-Albert Ginestet, <http://www.icomos.org>.



Figure 3: Château de Pierrefonds, premiers tests d'installation de cartels numériques. Viollet-le-duc a par exemple représenté l'impératrice Eugénie sous les traits de Sémiramis, la légendaire reine de Babylone. © Opuscope, capture Hololens Maëlys Jusseaux

Au niveau des contraintes, il fallait prendre en compte le fait que *Minsight* était alors un prototype, et qu'il avait donc des fonctions relativement limitées, ne permettant par exemple aucune animation d'éléments. Il fallait donc penser une expérience fixe. Par ailleurs, il était important de prendre en compte le flux de visiteurs ainsi que le nombre de casques Hololens à disposition. En outre, il y avait aussi une contrainte de temps et donc de quantité d'informations dispensées par le dispositif : il nous a semblé important à l'époque de ne pas dépasser une expérience de dix minutes par personne, d'une part pour éviter toute situation de malaise, d'autre part afin de fluidifier l'utilisation des dispositifs par le public. Par ailleurs, l'expérience était déconseillée aux enfants de moins de douze ans. Il fallait également réfléchir à un dispositif d'étude des publics qui nous permettrait d'obtenir des retours sur cette expérience afin de pouvoir itérer sur celle-ci dans une version ultérieure. Enfin, la contrainte la plus importante était d'obtenir l'autorisation du musée des Invalides afin de scanner les armures de la collection de Pierrefonds, afin de pouvoir ensuite traiter les scans et les disposer dans *Minsight*.

Problèmes rencontrés lors de la construction technique

Une fois les contenus et les scénarios définis, nous avons procédé à la construction technique du projet. Nous nous sommes rendus plusieurs fois sur le site de Pierrefonds, où nous avons réalisé de nombreux tests : import des objets en temps réel, installation de la scénographie, et surtout sauvegarde du projet pour pouvoir le rouvrir à la fois sur le même Hololens, mais aussi sur les autres, car nous disposions de trois Hololens du côté d'Opuscope, et un du côté du CMN.

Les difficultés techniques ont été très nombreuses. Tout d'abord, il y avait d'importantes fuites de mémoire qui impliquaient un crash systématique de l'application au-delà d'une quinzaine d'objets importés. Par ailleurs, une fois l'application crashée, le projet était perdu, car il y avait en plus un problème de sauvegarde sur le cloud : comme l'expérience n'était pas sauvegardée, alors il était

impossible de la rouvrir une fois l'application quittée. Nous nous sommes rapidement aperçus qu'il s'agissait surtout d'un problème de gestion de plus de deux ancrés¹ distantes qui provoquait une corruption des sauvegardes. Même en cas de restauration de projet réussie, les objets étaient réimportés avec une mauvaise rotation. Par ailleurs, la réouverture d'un projet prenait beaucoup de temps.



Figure 5 : Salle des Preuses, château de Pierrefonds. On voit bien, au milieu de la pièce, la vitrine rectangulaire qui comportait une armure équine. Si le rayon infrarouge de l'Hololens passe à travers cette vitrine, tout le spatial mapping est faussé. © <https://www.onetwotrips.com/visite-chateau-de-pierrefonds/>

Pour compléter le tout, la connexion réseau du château était très mauvaise, ce qui ralentissait encore la sauvegarde en temps réel et la restauration des projets. Enfin, il s'est avéré impossible de couvrir la totalité de la pièce par l'expérience, et de réaliser la scénographie autour des

statues des Preuses situées à l'opposé de l'entrée de la salle. En effet, au centre de la pièce se trouve une vitrine dans laquelle était exposée une armure équine. Le passage du rayon infrarouge de l'Hololens, utilisé pour scanner la pièce en temps réel, à travers cette vitrine faisait instantanément "sauter " le spatial mapping, c'est à dire que l'Hololens était perdu et n'arrivait plus à reconstituer l'espace (Figure 5). De la même manière, l'éclairage tamisé et sombre du vestibule se trouvant juste avant la salle des Preuses perturbait aussi la spatialisé de l'espace par l'Hololens. Ce problème de manque de lumière gênant l'Hololens a été particulièrement présent lors des

¹ Une ancre représente la position et la rotation d'un objet virtuel dans l'espace réel.

prototypages, puisque nous étions alors à une période où le soir tombait rapidement, et nous devions arrêter nos tests assez tôt.

Enfin, il a été impossible pour le Centre des monuments nationaux d'obtenir l'autorisation de scanner les armures au Musée des Invalides.

Grâce à de nombreux tests et une communication étroite avec Caroline Calpena, chargée des publics du château de Pierrefonds et censée être la réalisatrice de l'expérience finale, nous avons pu adresser un certain nombre de problèmes, le plus important de tous étant la sauvegarde et la restauration d'un projet. A ce titre, nous avons pris les données spatiales de l'Hololens sur lequel avait été créé l'expérience finale, et nous avons copié ces données sur les autres Hololens avant de rouvrir le projet : les ancres étaient alors correctement placées. Caroline Calpena a donc pu, très rapidement, créer l'expérience avant son ouverture au public. A cause du souci de perte du spatial mapping causé par la présence de la vitrine équine au centre de la pièce, nous avons décidé de réduire la taille de l'expérience et de la limiter à la première partie de la pièce. Par ailleurs, pour pallier les problèmes de connexion, le Centre des monuments nationaux a fourni une borne 3G que nous avons donc utilisée pendant les tests suivants ainsi que pour l'expérimentation finale.

A propos de la très problématique absence des armures 3D, nous avons commencé par tenter de scanner l'une des armures pédagogiques qui se trouvent à l'entrée de la salle des Preuses. Toutefois, nous n'étions pas équipés pour réaliser une photogrammétrie correcte de l'armure : l'éclairage n'était pas assez diffus, et le métal de l'armure comportait trop de reflets sur les photos prises. Le modèle 3d qui en a résulté n'était exploitable que de face, or l'intérêt d'avoir un objet en 3D est justement de pouvoir tourner autour. Nous avons donc décidé de procéder au détournement d'images des armures en question en très grande résolution (Figure 6). Ce sont ces images que Caroline Calpena a donc placées sur le mur de la salle des Preuses. L'effet était satisfaisant, malgré l'absence de 3D, et permettait quand même de remplir au

moins partiellement cet objectif initial de restituer l'impact de la présence de ces armures dans la salle des Preuses. Par ailleurs, il est intéressant de remarquer une certaine mise en abyme par rapport au projet de Napoléon III : l'empereur avait pour objectif non pas une reconstitution de la "vraie chose", comme dirait Duncan Cameron, mais d'un esprit. De la même manière, à travers notre projet, nous n'avons pas proposé de restitution 3D des armures, mais nous avons cherché à en donner une idée.

L'expérimentation finale

L'expérimentation finale a donc eu lieu les 18 et 19 novembre 2017 au château de Pierrefonds. Nous étions trois intervenants d'Opuscope (Soraya Jaber, Thomas Nigro et Maëlys Jusseaux), trois intervenants du CMN (Indrek Parnpuu, Caroline Calpena et Lina Nakazawa), et nous avons fait appel à six étudiantes BTS, chargées de recueillir les impressions des visiteurs à la fin de leur expérimentation à travers un questionnaire (fourni en annexe de ce rapport). Nous avons décidé de faire en sorte que chaque visiteur portant un Hololens soit accompagné, ou du moins veillé par l'un de nous. Premièrement, il nous semblait important de faire sentir au visiteur qu'il n'était pas livré à lui-même face à une technologie étrangère et, peut-être, un peu intimidante. Ensuite, il était intéressant de discuter avec le visiteur pendant, ou juste après son expérience. Cela nous permettait également d'informer le visiteur sur la prochaine version que nous projetions, et de l'orienter vers les étudiantes chargées de leur fournir le questionnaire et de discuter avec eux plus en profondeur. Enfin, cela nous permettait une meilleure organisation et une meilleure gestion des appareils, entre ceux qui étaient remis à charger et ceux qui étaient disponibles à l'essai.

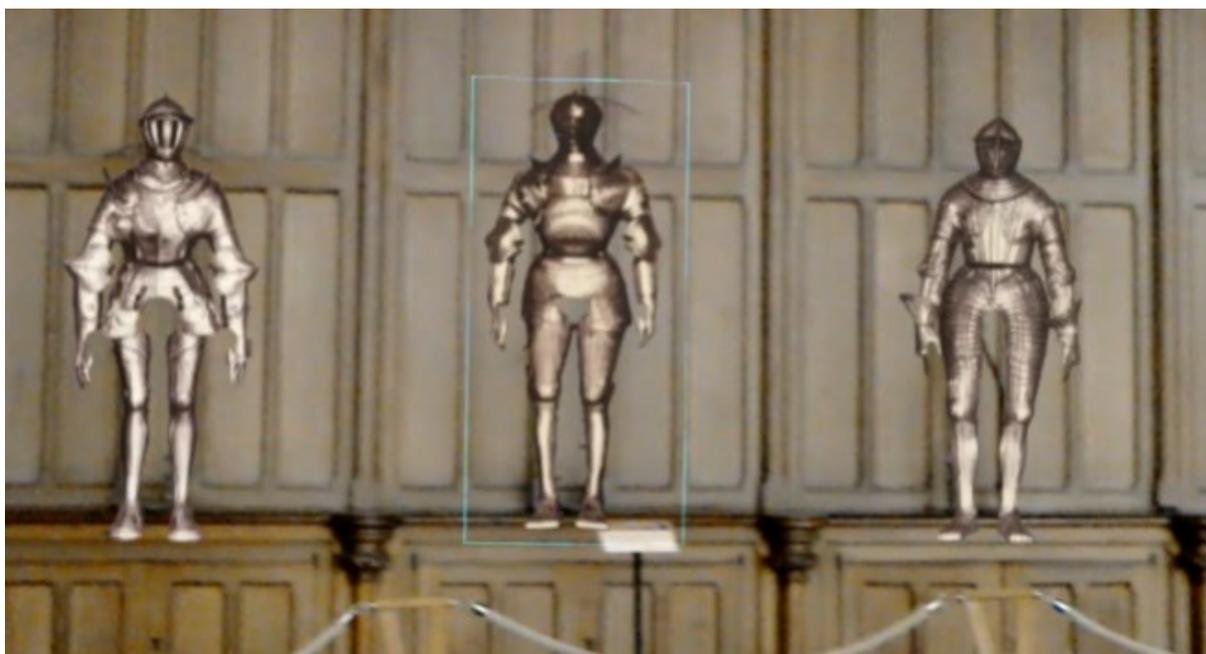


Figure 6 : Installation des images des armures en très haute définition, fournies par le CMN et détournées chez Opuscope. L'effet reste convaincant du fait de la qualité des photographies. © Opuscope, capture Hololens par Maëlys Jusseaux.

L'expérimentation a été un grand succès. 95% des interrogés ont beaucoup apprécié l'expérience, et 97% la recommanderaient. 79% des personnes interrogées ont estimé que l'expérimentation leur avait permis de mieux connaître le patrimoine du château, et 90% ont exprimé leur désir de voir davantage d'expériences de ce type dans des lieux culturels. Par ailleurs, les résultats de cette enquête nous ont montré que le public ayant testé l'expérience était très varié du point de vue de l'âge. Parmi les personnes interrogées, 30% se situaient entre 45 et 60 ans, 9% au-delà de 60 ans, 37% entre 26 et 45 ans, 15% entre 18 et 25 ans, et 9% en dessous de 18 ans.

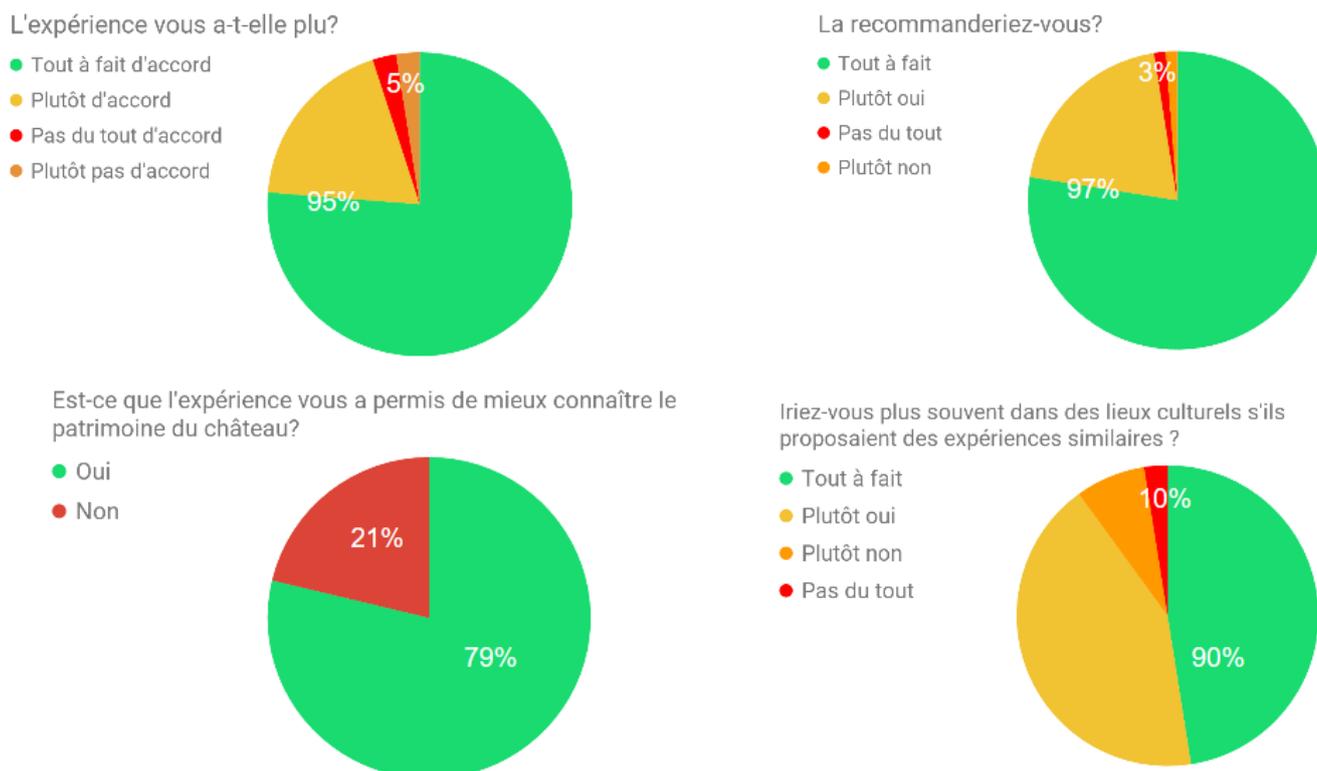


Figure 7: Visualisation d'une partie des résultats de l'enquête de publics. © Opuscope, d'après l'étude réalisée par les étudiantes en BTS.

Toutefois, nous avons quand même recueilli un certain nombre de remarques sur des points à améliorer pour l'expérience. Les deux principaux problèmes étaient liés d'une part à un son estimé comme trop faible, surtout lorsqu'il y avait du monde dans la salle, et d'autre part à la vision restreinte de l'Hololens. Par ailleurs, nous avons également noté une certaine timidité de la part des visiteurs, qui n'osaient pas se positionner sur l'icône de son indiquant le déclenchement du commentaire audio. Ce détail est intéressant, et montre bien le sentiment d'intimidation et d'autorité que peut encore inspirer l'institution muséale aux visiteurs. L'un de nos objectifs, avec *Minsight*, est de permettre au musée de se départir de cette vision intimidante, notamment en donnant la possibilité au public d'interagir avec ce qui est présenté. D'autre part, les visiteurs avaient tendance à regarder l'icône même, et non pas l'objet du commentaire audio. Par exemple, le premier commentaire était déclenché en entrant dans la salle, mais le POI concerné par le commentaire se trouvait derrière le visiteur puisqu'il s'agissait des statues des chevaliers. Nous avons donc déterminé qu'il faudrait une

indication visuelle sur la direction dans laquelle le visiteur devrait regarder, en attendant la spatialisation du son prévue plus tard dans le développement de *Minsight*. Enfin, le public a témoigné d'un désir évident d'interagir avec les éléments, ce qui a confirmé notre souhait d'implémenter de l'interaction dans les futures versions de *Minsight*.

La basilique de Saint Denis

Objectif et contexte du projet

Le projet de la basilique de Saint-Denis tournait autour de la rotonde des Valois, aujourd'hui disparue (Figure 8), qui était accolée au bras nord du transept. 2019 étant le 500e anniversaire de Catherine de Médicis et Henri II, l'administrateur du monument, Serge Santos, désirait que leur tombeau, actuellement présenté à l'intérieur du transept (Figure 9), soit visible à l'intérieur de la rotonde restituée en 3D.

D'importantes contraintes techniques



Figure 8 : Gravure du XVIIe siècle représentant la Rotonde des Valois, aujourd'hui disparue. ©BNF, <https://commons.wikimedia.org/>

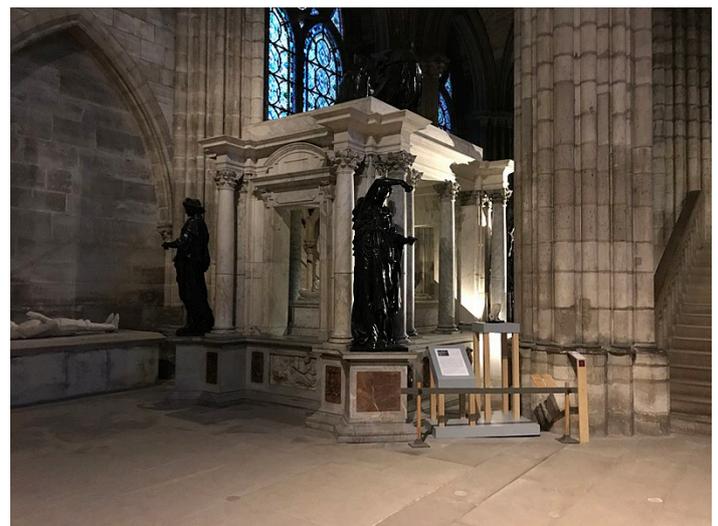


Figure 9 : Basilique de Saint-Denis, tombeau de Henri II et Catherine de Médicis, auparavant placé dans la Rotonde des Valois. © Chabe01, <https://commons.wikimedia.org/>

Plusieurs pistes ont été avancées. Tout d'abord, nous avons étudié l'éventualité de présenter une restitution de la rotonde des Valois à l'extérieur de la basilique, en réalité mixte. Toutefois, la luminosité ambiante fait que la visibilité est très mauvaise dans le casque Hololens, ce qui impliquerait que les visiteurs doivent accéder à l'expérience depuis leur smartphone. Or à l'époque de la réflexion autour de ce projet, c'est à dire mai 2018, la visionneuse *Minsight* sur smartphone n'était pas encore prête.

Une autre piste envisagée a été de proposer une maquette 3D holographique de la rotonde des Valois face au tombeau, donc à l'intérieur du transept : cette maquette serait un point d'intérêt qui ferait basculer le visiteur dans une vue 360° de la rotonde restituée. Toutefois, le support d'éléments 360° a posé de très gros problèmes techniques car il s'agit d'éléments très lourds, et donc difficilement supportés par l'Hololens.

La meilleure solution semblait être la réalité virtuelle, pour son caractère immersif très fort. En effet, l'administrateur, Serge Santos, souhaitait une expérience "forte", innovante, qui marque les esprits, avec une scénographie et un parcours un peu originaux. Toutefois, là encore, ce n'était pas faisable en 2018 à cause de la nécessité de repousser le développement de *Minsight* en réalité virtuelle pour faire face à d'autres problèmes plus urgents.

Enfin, ce projet pose un gros défi, celui de l'acquisition du modèle de la rotonde. Elle a déjà fait l'objet d'une étude et d'une restitution par une étudiante du master Arts et Technologies de l'Image de l'Université de Paris 8, Edwige Lelièvre, mais c'était en 2008. En dix ans, de nouveaux éléments sont venus compléter la connaissance archéologique de ce monument, et cette restitution n'est plus à jour. Elle est donc à reprendre entièrement, ce qui va évidemment demander un budget et un temps considérable en termes de modélisation 3D. En outre, une réunion avec un spécialiste de la rotonde du château d'Ecouen est prévue afin de discuter de cette rotonde.

Face à toutes ces contraintes, nous n'avons pas davantage avancé sur ce projet pour le moment, et nous avons estimé qu'il était préférable d'y réfléchir à plus long-terme, courant 2019.

B. Le Musée des Arts Décoratifs

Le Rhinocrétaire

Objectifs et contexte du projet

Au cinquième étage du Musée des Arts Décoratifs se trouve le Rhinocrétaire, un secrétaire en laiton représentant un rhinocéros, réalisé par François-Xavier Lalanne (fig.10). Cette œuvre n'est habituellement pas ouverte au visiteur. L'idée du projet était donc d'offrir un regard nouveau sur cette œuvre, en proposant une immersion dans une scénographie interactive en réalité virtuelle, en replaçant notamment cette œuvre dans divers décors dépaysants.



Figure 11 : Rhinocrétaire II (fermé), François-Xavier Lalanne, 1966. Musée des Arts Décoratifs de Paris. © ADAGP. Les Arts Décoratifs, Jean Tholance.



Figure 10 : Rhinocrétaire II (ouvert), François-Xavier Lalanne, 1966. Musée des Arts Décoratifs de Paris. © ADAGP. Les Arts Décoratifs, Jean Tholance

Elaboration technique du projet

A l'époque, le logiciel avait une destination un peu différente de celle qu'il a aujourd'hui. Il était alors question de générer procéduralement des espaces d'exposition afin d'y intégrer des œuvres scannées en 3D au préalable. C'est ce qui a été fait ici : le Rhinocrétaire après avoir été scanné par photogrammétrie par l'équipe d'Opuscope, a été placé dans une série d'environnements dépaysants générés procéduralement sous Unreal Engine (Figure 12). Ces prototypes étaient prometteurs sur le plan technologique puisque nous étions parvenus à réaliser en quelques minutes seulement des galeries dont l'architecture s'approchait au plus près des œuvres, grâce à cette technologie procédurale.



Figure 12 : Exemple d'un environnement en réalité virtuelle généré procéduralement, dans lequel le Rhinocrétaire a été placé. ©Opuscope.

Toutefois, nous avons rapidement remarqué que ce procédé restait assez distancé par rapport au raisonnement d'un conservateur de musée. Il était difficilement concevable que l'œuvre puisse se retrouver dans un cadre différent de celui imaginé par une équipe, fut-ce la galerie générée par ordinateur fidèle et agréable à visiter. C'est pourquoi l'approche d'Opuscope a évolué, l'objectif étant toujours de permettre aux institutions de s'approprier les nouveaux médiums que sont la réalité virtuelle et la

réalité mixte. Toutefois, nous avons pris conscience d'un enjeu majeur : réaliser une scénographie en trois dimensions à même un dispositif immersif, en temps réel. Plutôt que de simplement créer du contenu, nous avons décidé de nous placer encore plus en amont du processus de création, et créer l'outil qui permettrait de scénographier ces contenus.

Expérimentation du Rhinocrétaire en Mai 2016



Figure 13 : Installation du dispositif autour du Rhinocrétaire en réalité virtuelle. Musée des Arts Décoratifs, Nuit des Musées 2016. © Opuscope.

Cette expérimentation a été à la fois proposée en réalité mixte et en réalité virtuelle, et a techniquement constitué la première expérience culturelle mondiale sur Hololens. Le dispositif était installé devant l'œuvre, et les visiteurs étaient invités à enfiler le casque de réalité

virtuelle (et plus tard l'Hololens dans le cadre d'une conférence de presse autour des innovations numériques mises en place dans le musée). Ils pouvaient ainsi découvrir le Rhinocrétaire dans son nouvel environnement virtuel, notamment une salle à l'allure contemporaine reflétant l'esprit des Lalanne, présentant divers éléments documentaires tels des vidéos, des photos et des cartels numériques. Il était aussi possible d'interagir avec l'œuvre. En effet, les visiteurs pouvaient ouvrir le secrétaire, et donc mieux comprendre la nature véritable de cet objet. Par ailleurs, un livre d'or, placé sur l'abattant du secrétaire, était mis à leur disposition afin de laisser leur créativité s'exprimer. Les visiteurs pouvaient repartir avec un souvenir de leur performance artistique apposée sur le livre.



Figure 14 : Exemples de réactions du public plongé dans l'expérience. Musée des Arts Décoratifs, Nuit des Musées 2016. © Opuscope.

Les crânes de la baronne Rothschild

Objectifs et contexte du projet



Figure 15 : Vitrine des vanités présentée au sein de l'exposition "Même pas peur !", à la fondation Bemberg. © Felipe Ribon.

Avec le Musée des Arts Décoratifs, au regard de la première expérience, nous avons eu l'idée de transformer l'Hololens en outil de scénographie. Deux expositions étaient en préfiguration "Même pas peur !" (Figure 15), qui devait présenter la collection de la baronne Henri de Rothschild, à la

fondation Bemberg de Toulouse à partir du 29 juin 2018, soit une sélection de 180 crânes de toutes factures, et « Japon-japonismes » pour une ouverture en novembre 2018, synthèse de l'engouement des occidentaux pour les objets de l'Empire du Soleil levant, et qui devait présenter sur les trois étages de l'aile Rohan, plus de 1600 objets, mobiliers, textiles, affiches et lithographies.

Pour l'exposition "Même pas peur !", il s'agissait, dans la mesure où la commissaire de l'exposition était à Paris, à distance, donc, de lui proposer de préfigurer son parcours et de mettre en œuvre l'exposition, pour partager avec ses interlocuteurs de Toulouse les avancées de son projet. Il était aussi envisagé que la scénographie ainsi construite puisse être mise en ligne et plus encore, il aurait été intéressant, de proposer aux visiteurs, in situ, pendant l'ouverture de l'exposition, de procéder à un choix de ces œuvres et d'élaborer leur propre scénographie.

Nous voulions que le visiteur puisse avoir des informations sur ces crânes par le biais de commentaires audios qu'il était censé pouvoir déclencher à son envie, et

qu'il puisse faire lui-même des liens entre les objets pour les organiser dans un propos qui lui semblerait cohérent et qui, selon lui, raconterait le mieux l'histoire de ces objets. Il était ensuite censé pouvoir qualifier chacun des ensembles créés à l'aide de mots (donc d'un titre), mais aussi d'une couleur, qui aurait alors représenté davantage son ressenti par rapport aux objets. Il devait ensuite pouvoir sauvegarder sa scénographie pour que les visiteurs suivants puissent la consulter et la comparer à leur propre expérience. Le but de ce processus était d'une part d'inclure une dimension émotionnelle dans l'appréhension de ce patrimoine à l'aide de la couleur, mais aussi de confronter plusieurs interprétations d'un même patrimoine, et donc de questionner le rapport à l'œuvre et à son histoire.

Pour l'exposition « Japon-japonisme », tel usage permettait à la commissaire, au regard des commissariats extérieurs de partager aussi à distance l'évolution de sa réflexion, et de positionner les œuvres, alors même que les vitrines étaient prévues pour accueillir tant d'objets que cet outil offrait simplicité de visualisation.

Elaboration du projet en amont

La première étape de la réflexion autour du projet a été de définir un pipeline technique efficace de photogrammétrie. Plusieurs logiciels de traitement et de reconstitution de scans comme *AgiSoft Photoscan* et *Autodesk Recap* ont été testés au sein des locaux d'Opuscope. Plusieurs paramètres ont été analysés afin de permettre le choix entre trois logiciels : *Photoscan*, *Recap*, et le géant de la photogrammétrie *RealityCapture*, utilisé notamment par l'entreprise Iconem dans son projet de sauvegarde des sites patrimoniaux en danger. Les critères principaux étaient notamment le prix de ces logiciels, mais également la taille des objets à numériser. En effet, dans notre cas, il n'était pas nécessaire d'aller jusqu'à *RealityCapture* qui est pensé en grande partie pour traiter des scans gigantesques de plusieurs milliards de points. Entre *Photoscan* et *Recap*, le choix s'est finalement porté sur *Autodesk Recap* qui a proposé le modèle 3D de meilleure qualité à partir des photos source. Nous

devions ensuite réaliser des tests au sein du Musée des Arts Décoratifs et installer un studio, au moins rudimentaire, de photogrammétrie, afin notamment d'avoir un bon éclairage, indispensable pour réaliser des photos traitables ensuite par un logiciel de reconstruction. La première contrainte de ce projet était donc de trouver un workflow rapide, rentable et efficace, et surtout supporté techniquement par les ordinateurs du Musée des Arts Décoratifs.

Nous voulions ensuite organiser une journée d'initiation à la photogrammétrie pour les personnels du musée qui seraient intéressés à faire de la photogrammétrie des collections dans les années à venir. Toutefois, nous nous sommes rapidement rendu compte que la photogrammétrie était un processus extrêmement lourd.

Problèmes techniques rencontrés

Dans les deux cas, nous nous sommes retrouvés confrontés à des problèmes techniques insurmontables à cette étape du projet.

Tout d'abord, le parc informatique du Musée des Arts Décoratifs était insuffisant techniquement pour réaliser des opérations aussi lourdes que la photogrammétrie, qui nécessite une configuration d'au moins 16Go de mémoire virtuelle, et un processeur très performant. Ensuite, une des contraintes fondamentales du projet était que les visiteurs puissent partager leur scénographie sur smartphone, et dans l'idéal que cette scénographie soit ensuite visible par les autres visiteurs à travers un dispositif de type Google Cardboard. Toutefois le portage de *Minsight* sur smartphone n'était alors pas prêt, et nous avons dû faire face à un certain nombre de retards dûs à des difficultés techniques qui nous ont empêché de travailler à ce portage.

Et les délais impartis, au regard de la charge de travail des conservatrices en charge de ces projets, ont contribué à nous faire renoncer définitivement à ce qui nous semble néanmoins une piste à creuser : la numérisation des œuvres d'une exposition

offre ensuite d'autres principes de présentation et d'exposition qui peuvent être ouverts à d'autres usages, la réalité virtuelle d'une exposition en préfiguration peut donner aisément place à la mise en ligne de telle exposition et à sa médiatisation, la faculté de déplacer des objets éventuellement lourds (ce n'était pas le cas pour les crânes !), peut à l'évidence rendre des services importants aux régisseurs et installateurs, pour la mise en place des œuvres dans l'exposition réelle.

Initiation aux guides-conférenciers

Objectifs et contexte du projet

Pour convaincre les personnes encore éloignées de ces technologies et réfléchir mieux encore aux usages professionnels, nous avons décidé de nous intéresser davantage au processus de création d'une scénographie avec *Minsight* par les personnels des musées, plutôt que la réception de cette scénographie et sa réinterprétation par les visiteurs. Nous avons donc organisé une journée de conférence autour des possibilités d'utilisation de *Minsight* par les guides conférenciers notamment.

Elaboration de l'initiation



Figure 16: Dispositif fixe de réalité augmentée, installé à l'abbaye de Cluny par la société On-Situ. © <http://strabic.fr/Cluny-III-en-3D>

Pour construire le propos de cette séance d'initiation, nous sommes partis du principe que nous nous adressions à des personnes peu familières du numérique, et des notions de réalité mixte et réalité virtuelle (xRéalité). La première partie de l'initiation était donc censée donner des clés de compréhension de base de ces technologies : leur définition, leur part de marché grandissante, et les différents cas d'utilisation généraux possibles. La deuxième partie était plus

consacrée à l'utilisation du numérique en général dans le monde patrimonial : son essor depuis environ les années 1980, les premières restitutions numériques telles que l'abbaye de Cluny par On-Situ (Figure 16) ou bien la pyramide de Kheops par Dassault Systèmes. Nous arrivons ensuite sur l'utilisation spécifique des technologies XR dans le domaine patrimonial : la restitution du cabinet de Charles V au château de Vincennes par Art Graphique et Patrimoine (Figure 17), la visite virtuelle de la cathédrale de Strasbourg par Holo3, Seppia Interactive et Inventive Studio (Figure 18), ou encore l'expérience de revivance de la découverte du tombeau de Toutankhamon par Eon Reality. Le but de cette partie était également de montrer la complexité de développement d'une expérience de ce type, afin de mieux introduire *Minsight*. Et en effet, en troisième partie, il était question de présenter notre solution et de bien montrer son intérêt dans la création d'expériences simples et rapides. Le but était également de montrer au public de guides conférenciers comment ils pourraient s'approprier *Minsight*: gestion de l'ambiance au fur et à mesure du discours, jeu des éclairages en temps réel pour dramatiser ou amplifier le storytelling, montrer une restitution 3D aux visiteurs, ou alors les embarquer dans une vidéo 360° restituant le contexte de l'objet autour duquel le guide-conférencier est en train de construire son discours.



Figure 18 : Restitution de la polychromie de la voûte du cabinet de Charles V au Château de Vincennes. Application réalisée par Art Graphique et Patrimoine, présentée pour la première fois en 2007. © Christophe Carmarans, RFI.



Figure 17 : Visite virtuelle de la cathédrale de Strasbourg, à travers un casque Oculus Rift. Application réalisée par Holo3, Seppia Interactive et Inventive Studio, 2016. © Culturebox, capture d'écran.

Dans cette partie, nous avons décidé non pas seulement de promouvoir notre solution auprès des guides-conférenciers, mais aussi de les rassurer. Nous sommes en effet bien conscients du malaise que peut induire le numérique, notamment autour des questions de l'originalité du patrimoine et d'un redouté remplacement des personnels au profit de dispositifs numériques. Dans un premier temps, il s'agissait de bien montrer que le numérique n'a aucune vocation à remplacer l'existant, et que l'intérêt d'une expérience numérique du patrimoine ne réside pas dans l'originalité et dans la matérialité du patrimoine, mais dans une autre approche de celui-ci. Il s'agissait de bien montrer que le patrimoine numérique est simplement une autre proposition, complémentaire ou totalement indépendante du patrimoine physique, et qu'il ne peut donc pas remplacer ce patrimoine physique. Par ailleurs, nous voulions bien montrer aux guides-conférenciers que ceux-ci n'étaient pas soumis à la technologie jusqu'à disparaître à son profit, mais bien que la technologie était à leur service, et qu'elle n'était là que pour leur permettre de faire évoluer leur discours et de construire leurs visites d'une manière encore plus engageante et immersive pour le visiteur.

Déroulement de la conférence

Cette conférence d'initiation a eu lieu le 18 juin 2018 au Musée des Arts Décoratifs, et a donné lieu à des échanges intéressants et variés. Nous avons eu la confirmation que le numérique pouvait mettre mal à l'aise un certain nombre de personnes surtout si celles-ci n'étaient pas familières avec celui-ci, et une grande partie de la conférence a été dédiée à rassurer et à engager un dialogue avec ces personnes. En deuxième partie de séance, nous avons proposé un essai de *Minsight*, en disposant une armure en 3D dans la pièce et en proposant à l'audience de venir tour à tour essayer le casque Hololens et manipuler le modèle. Il a été très intéressant et agréable d'observer les réactions surprises et parfois même fascinées de ces personnes qui, pour beaucoup, n'avaient jamais essayé de dispositif de réalité mixte.

C. Le Musée d'Archéologie Nationale



Figure 19: Indrek Parnpuu du CMN expérimente le casque Hololens dans la chapelle du château de Saint-Germain-en-Laye lors de l'atelier du 12 juin 2019. © MAN / Thomas Sagory

Avec le Musée d'Archéologie Nationale nous avons commencé par organiser une réunion de travail, le 12 juin 2017, dans la Chapelle pour expérimenter les fonctionnalités de scénarisation in situ à l'aide d'un casque Hololens. Nous avons été en mesure de mobiliser différentes ressources (images, 3D, vidéo...) et de les positionner dans l'espace. Toutefois, les importantes variations de lumière provenant des grandes verrières gothiques rendaient difficile le scan de l'espace par le casque. Cet atelier a aussi été l'occasion de présenter le projet à l'équipe de direction et de les sensibiliser aux enjeux et aux contraintes du dispositif.

Les problèmes de spatialisation importants nous ont convaincus de plutôt nous diriger vers une

expérimentation en réalité virtuelle avec le MAN. Toutefois, comme pour le portage sur smartphone nécessaire à la mise en place de nos expérimentations avec le Musée des Arts Décoratifs, le support de la réalité virtuelle a également été retardé à cause de difficultés techniques majeures, que nous nous proposons de présenter maintenant.



Figure 20: Hilaire Multon, le directeur du MAN expérimente Minsight lors de l'atelier du 12 juin 2017 dans la chapelle du château de Saint-Germain-en-Laye. ©MAN/ Thomas Sagory

D. Bilan des retards techniques

Nous l'avons vu, pour un certain nombre de projets, il a été parfois impossible de réaliser certaines choses, comme le support d'une visionneuse *Minsight* sur smartphone, ou le support de la réalité virtuelle sur la nouvelle architecture du logiciel.

Le premier gros facteur de retard a été un changement majeur dans le processus de compilation du logiciel Unity, base de développement de notre propre logiciel. En effet, Unity a décidé de faire passer le langage de compilation du C# vers C++ à l'aide d'un langage de compilation intermédiaire, nommé IL2CPP (comprendre Intermediate Language to C Plus Plus). Cela a eu un très fort impact sur notre roadmap de développement, en causant un retard de plusieurs mois sur le reste des fonctionnalités. En effet, il a fallu adapter tout le code déjà écrit à ce nouveau mode de compilation, ce qui est revenu à réécrire une très grande partie du code, notamment parce que l'appel de certaines bibliothèques indispensables au fonctionnement de *Minsight* ne fonctionnait plus avec le nouveau protocole.

II. Point technique sur *Minsight* : facteurs clés de succès et freins actuels

A. Le portage de *Minsight* sur d'autres plateformes que l'Hololens

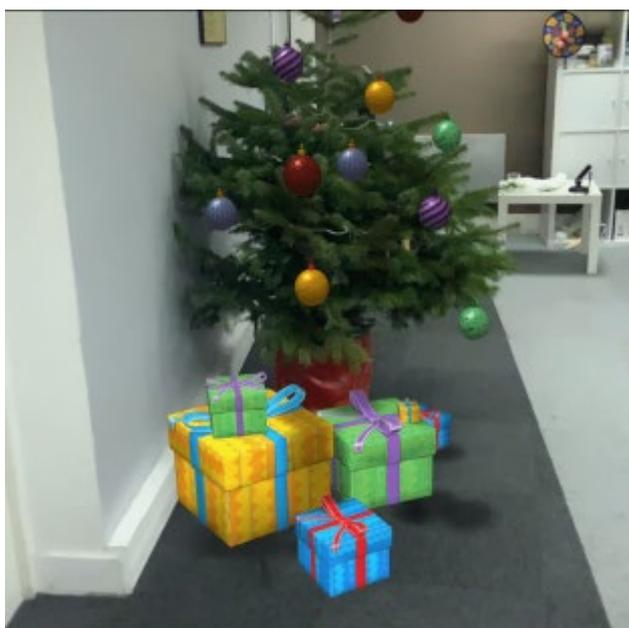


Figure 21: Petite installation en réalité mixte, réalisée autour d'un sapin réel, avec *Minsight* sur iPad. L'expérience est visualisable sur n'importe quel iOS compatible AR, en cliquant sur le lien fourni par le créateur de l'expérience. © Opuscope, capture iPad. Assets : Espen Lindahl, Maëlys Jusseaux

L'un des principaux freins à l'utilisation de *Minsight* dans le cadre de certains projets patrimoniaux, nous l'avons vu, a été l'impossibilité de visualiser l'expérience sur smartphone ou sur tablette. En effet, bien que la visualisation à travers l'Hololens soit bien sûr plus immersive et engageante, nous avons bien vu qu'elle est complexe à mettre en place et demande notamment d'importantes ressources matérielles et humaines. Par ailleurs, afin d'approfondir la notion de partage d'expérience et d'échange entre les visiteurs, ainsi que d'universalité de

l'expérience, il nous a semblé indispensable d'accélérer le développement de la visionneuse *Minsight*, nommée *XR View*, dans un premier temps sur iOS puis sur Android. A l'écriture de ce rapport, nous sommes dorénavant en mesure de publier une expérience créée sur le *Minsight Virtuality Service*, et de partager le lien de l'expérience à l'extérieur. La personne invitée clique sur le lien, est amenée à installer gratuitement *XR View* sur son smartphone, et peut ainsi voir l'expérience à travers son appareil, à condition que celui-ci soit compatible. C'est une avancée majeure dans le

développement de notre logiciel : le processus de création avec *Minsight* est désormais complet. Il est possible de créer une expérience, de la sauvegarder, de la publier, et de la partager. En quelques minutes, l'expérience est visible par n'importe quelle personne disposant du lien à travers le monde.

Par ailleurs, il est désormais possible non plus seulement de visualiser une expérience sur iOs, mais également d'en créer ou d'en éditer une. Bien sûr, nous croyons toujours en l'importance d'être dans un environnement immersif et en trois dimensions pour créer une expérience en trois dimensions. Toutefois, la possibilité de créer sur iOs nous a paru indispensable dans la mesure où les casques de réalité mixte sont encore à un prix très élevé et en très faible unité sur le marché. La possibilité de créer sur iOs est donc un facteur clé dans la démocratisation de la création d'expériences XR, qui a toujours été notre cap principal.



Figure 22: Magic Leap One, sorti en 2018. © Magic Leap.

Nous avons également vu que le support de la réalité virtuelle par *Minsight* a posé problème pour certains projets. *Minsight* VR devait être développé à l'origine pour l'été 2018, mais la migration vers IL2CPP nous a

contraints à repousser l'échéance. Toutefois, il s'agit d'un objectif majeur pour l'année 2019. Nous comptons notamment sur les performances accrues de la réalité virtuelle pour produire des expériences plus complexes et plus lourdes, comportant notamment des modèles 3D de plusieurs milliers de triangles, ou des effets visuels nécessitant le calcul par carte graphique conséquente. Par ailleurs, nous avons également commencé le portage de *Minsight* sur un appareil qui vient de faire irruption sur le marché de la réalité mixte, à savoir le Magic Leap One (Figure 22). Concurrent direct du casque Microsoft HoloLens, le Magic Leap One nous a

particulièrement séduits par son esprit résolument tourné vers la créativité et l'émotion, et laisse augurer des développements fascinants dans le domaine patrimonial notamment.

B. L'import d'éléments 360°

Les éléments 360° sont, actuellement, à la fois un facteur de succès et un frein de développement. En effet, nous voyons dans les photographies et les vidéos 360° la possibilité d'un entre-deux entre réalité mixte et réalité virtuelle, qui permettrait de faire un lien véritablement innovant entre ces deux niveaux de réalité. Particulièrement immersive parce-que se présentant comme une sphère au centre de laquelle le visiteur serait placé, la photographie / vidéo 360° n'est toutefois pas tout à fait de la réalité virtuelle à proprement parler. En effet, le visiteur n'a qu'une possibilité très limitée de déplacement, sous peine de casser l'illusion de la perspective. Nous croyons beaucoup au potentiel des éléments 360° à déclencher dans les expériences *Minsight*, car ils représentent pour nous un moyen de véritablement "embarquer" le visiteur dans une bulle, dans un autre monde, à partir de son environnement réel.

Toutefois, l'import en temps réel des éléments 360° représente, encore aujourd'hui, un grand défi technique. Pour l'Hololens, c'est encore plus problématique, car l'import en temps réel étant déjà gourmand, l'import d'éléments 360° l'est encore plus, particulièrement pour une photographie. Il s'agit donc d'un des grands chantiers pour *Minsight* au cours de l'année 2019.

C. Expériences interactives

Nous l'avons bien vu pour la première édition de l'expérimentation au château de Pierrefonds : le public souhaite interagir avec les œuvres et les expériences. Pour le château de Pierrefonds, le seul caractère interactif que nous avons réussi à mettre en place était l'activation des commentaires sonores. C'est ce que l'on appelle un *trigger*.

Un trigger est un élément qui, lorsqu'il est activé par le visiteur, permet de déclencher un évènement, une animation, ou encore l'apparition d'un élément. Le trigger est un élément clé dans une expérience interactive, parce qu'il est l'intermédiaire par excellence entre le visiteur et les éléments de l'expérience.

L'un des gros chantiers de l'année 2019 sera donc l'implémentation et le développement de ces triggers, ainsi que l'animation des éléments de la scène. Par animation, on entend à la fois les éléments de la scène qui pourront être animés en temps réel par le créateur de l'expérience, mais aussi le support et l'interprétation de modèles 3D animés dans un logiciel spécifique, comme Blender ou Maya. En outre, nous voudrions donner la possibilité à l'utilisateur de réorganiser une expérience, comme nous l'avions pensé pour le projet des crânes de Rothschild. Par-là, nous souhaitons aborder la question de la réinterprétation d'une œuvre ou d'une proposition scénographique par le visiteur lui-même, dans un processus de réappropriation personnelle et/ ou collaborative.

D. Fonctionnalités de création

En parallèle des éléments interactifs dans la réception d'une expérience, nous voudrions grandement approfondir les fonctionnalités de création. Dans cette optique, plusieurs axes sont prévus. Tout d'abord, lors d'un test utilisateur réalisé auprès du Centre des monuments nationaux, nous avons notamment noté un regret de ne pas pouvoir gérer l'éclairage et l'ambiance de l'expérience. Dans le cadre patrimonial, c'est évidemment un enjeu de taille. Bien qu'il ne soit pas encore possible, en tout cas avec l'Hololens, de modifier réellement l'éclairage réel, il est toutefois important de donner la possibilité à l'utilisateur de gérer la lumière virtuelle qui éclaire une œuvre virtuelle. Plusieurs recherches en interne ont été faites sur le sujet, et ont donné lieu à des expérimentations artistiques comme la création de compositions lumineuses autour d'une œuvre. Par extension, nous désirons également nous intéresser à des fonctionnalités d'ambiance élargies, comme la création et la gestion d'un brouillard

coloré, la création de pluie ou de neige, ou encore des effets de post-process sur la caméra permettant de voir la scène à travers différents effets visuels.



Figure 24 : Bateau dont les shaders ne sont pas correctement interprétés par Minsight: la normale map est absente et on n'a donc pas de relief. © Opuscope, capture Hololens, Maëlys Jusseaux

quelle que soit leur direction artistique. Or jusqu'ici, un important problème de *Minsight* était qu'il n'interprétait pas, et donc n'affichait pas les matériaux correctement. Prenons l'exemple d'un matériau que l'on appelle Physically Based Rendering (PBR). Il s'agit d'un type de matériau comportant un certain nombre de textures, chacune destinée à donner une information sur la manière dont cet objet devrait rendre physiquement, dans la réalité. Selon ces informations, le moteur de rendu va regarder les informations du matériau, et le rendre d'une certaine manière par rapport à la lumière virtuelle. Ainsi, si la lumière virtuelle est celle d'un soleil couchant, l'objet ne sera pas rendu de la

En parallèle de la lumière, il faut bien sûr évoquer également le rendu des matériaux. Une expérience de réalité mixte ou virtuelle n'est pas forcément plus crédible parce qu'elle montre des matériaux réalistes : quantité de jeux vidéo au style visuel très marqué démontrent bien ce point (*Don't Starve, The Witness, Zelda : Breath of the Wild...*). Toutefois, il y a bien une règle dont dépendent l'immersion et le sentiment de présence à l'intérieur d'une expérience de XR : il faut que les matériaux soient crédibles,



Figure 23 : Détail de la voile du bateau avec une bonne interprétation des shaders par Minsight. On peut désormais percevoir l'effet de matière de la voile. © Opuscope, capture Hololens, Maëlys Jusseaux

même manière que si la lumière était celle d'une pleine journée. Après de nombreuses recherches, *Minsight* est désormais capable d'interpréter les matériaux correctement et de les faire réagir à la lumière virtuelle (Figures 23,24).

De la même manière, nous avons également développé la projection d'ombres et l'occlusion entre les objets, toujours dans cette recherche de crédibilité de l'expérience. Toutefois, la projection d'ombres sur HoloLens pose problème car il s'agit d'un processus très lourd, et les ombres ne sont donc pas d'une très grande qualité. En revanche, elles participent nettement à ce sentiment de présence des objets, qui finalement acquièrent une certaine matérialité à travers leur nature virtuelle.

Par ailleurs, nous comptons également nous lancer dans la création d'effets spéciaux (proportionnels par rapport aux performances de la plateforme utilisée bien sûr). Par exemple, nous avons évoqué la possibilité d'allumer le feu de la cheminée de la salle des Preuses, ou d'accrocher des flambeaux aux murs. Ainsi, nous voudrions donner la possibilité, à travers *Minsight*, de créer rapidement quelques effets désirés, comme du feu, des particules de poussière, ou des choses plus artistiques et moins "réelles", des effets purement visuels. En réalité, ce chantier inclura celui des effets d'ambiance, c'est à dire notamment les effets de pluie et de neige.

Enfin, à plus long-terme, nous voudrions également développer des fonctionnalités de création procédurale à l'intérieur de l'expérience. Ainsi, nous retompons au moins partiellement sur nos toutes premières ambitions. Il s'agirait par exemple de permettre à un scénographe de musée de créer des cloisons et des murs en temps réel dans son espace d'exposition. Il s'agirait également de permettre à un commissaire d'exposition de créer rapidement un certain type de socle, et de changer son matériau en temps réel. A long-terme, nous voudrions permettre la création instantanée d'un espace complet d'exposition, avec un certain nombre de pièces différentes.

E. L'arrivée de la collaboration

Un autre chantier très important de l'année 2019, facteur d'expérimentation clé pour le Centre des monuments nationaux notamment, sera celui de la collaboration non seulement dans la création d'une expérience, mais aussi dans sa visualisation, et à travers plusieurs plateformes. Tout d'abord du point de vue de la création, la collaboration est un élément clé pour la réussite de *Minsight*, parce qu'elle permet de fluidifier le processus de création et de mettre en commun les compétences de plusieurs corps de métiers. Elle achève en effet de porter le processus de création d'une exposition ou d'une expérience patrimoniale des usages actuels vers un mode numérique. En effet, monter une exposition implique plusieurs personnes, des discussions, des échanges, nécessite des validations. Actuellement *Minsight* ne permet qu'une création individuelle, ensuite partagée à d'autres. Mais avec la collaboration, il sera possible pour un scénographe de collaborer en temps réel sur une même expérience avec un collègue scénographe, ou avec le commissaire de l'exposition. Si l'expérience est réalisée en réalité mixte dans une des salles du musée, un collègue conservateur pourra y accéder en réalité virtuelle depuis son bureau. Cet exemple, bien que simple, montre à quel point la collaboration ouvre des perspectives de création énormes.

Il en va de même pour la collaboration au moment de la réception. On a souvent reproché aux technologies de réalité mixte, et surtout virtuelle, d'enfermer les gens dans une expérience individuelle. Outre le fait que *Minsight* ce soit déjà efforcé de réfuter cette idée à travers la démocratisation et le partage immédiat d'expériences notamment sur téléphone, nous voulons aller encore plus loin en permettant aux visiteurs de véritablement vivre l'expérience à plusieurs, et de la réinterpréter à plusieurs. Cela ouvre également un champ de recherche extrêmement intéressant en termes d'usages numériques et de rapport au patrimoine : nous voudrions inviter les visiteurs à proposer leur propre vision du patrimoine, et ainsi créer un échange concret

non seulement entre les visiteurs mais aussi entre le patrimoine et les visiteurs. Cela pose également la question du spectateur-artiste, qui réinterprète l'œuvre et se l'approprie pour en faire une autre œuvre, en l'occurrence possiblement une œuvre collective.

III. Prochaines perspectives

A. Le Centre des monuments nationaux

Objectifs généraux

En Novembre 2018, nous avons tenu une réunion avec le Centre des monuments nationaux afin de définir les prochains axes d'expérimentation pour l'année 2019. Parmi ces axes se sont dégagés plusieurs grands objectifs. Pour le Centre des monuments nationaux, il y a un désir d'étude de la posture du visiteur, c'est à dire d'explorer des situations de participation et de partage, et de posture active ou passive face à l'expérience. Cela pose des questions notamment sur la consultation d'une expérience sur place ou à distance, sur la construction d'une expérience en groupe dans un atelier d'une durée déterminée, ou sur le partage de l'expérience à d'autres et le vécu de cette expérience en collaboration avec d'autres visiteurs. Deuxième grand axe, celui de la création par les personnels du CMN eux-mêmes : cela pose notamment la question de la création en collaboration, qui, comme nous l'avons vu, sera l'une de nos préoccupations de développement pour l'année 2019. Enfin, la troisième question à laquelle le Centre des monuments nationaux s'intéresse est celle de la possibilité ou non de monétiser l'expérience, ainsi que les ressources humaines nécessaires au prêt des casques et à l'accompagnement des visiteurs, qui ne sont peut-être pas familiers avec cette technologie. Cette question de l'autonomie du visiteur est une problématique qui nous intéresse également du côté de *Minsight*.

En ce qui concerne *Minsight*, en effet, nous voudrions d'abord savoir jusqu'où le visiteur peut être autonome dans la visualisation de l'expérience, et comment mobiliser le moins de personnel possible par rapport au prêt du matériel ou à l'accompagnement dans l'utilisation de celui-ci. Comme vu précédemment, nous voudrions expérimenter la distribution et la visualisation sur iOS. Enfin, nous cherchons toujours à évaluer la facilité et la rapidité de la création d'une expérience dans un espace muséal ou un contexte patrimonial.

Du point de vue de *Minsight* comme du Centre des monuments nationaux, nous sommes également curieux quant au processus de partage de l'expérience aux visiteurs. Nous pensons qu'il s'agira d'un lien sur lequel le visiteur devra cliquer pour accéder à l'expérience, et le CMN a émis le souhait de créer un continuum entre les interfaces de l'institution et l'application. Par exemple, nous pourrions proposer au visiteur de se connecter au portail d'applications de visites du CMN, et accéder à l'application *Minsight* en cliquant dessus. Enfin, le CMN comme *Minsight* voudrions mettre en place des études de public beaucoup plus approfondies que celle réalisée pour le château de Pierrefonds en 2017. Ainsi, nous pensons notamment faire appel à une école spécialisée et à ses étudiants pour mener cette enquête.

L'Hôtel de Sully

Objectifs et contexte du projet

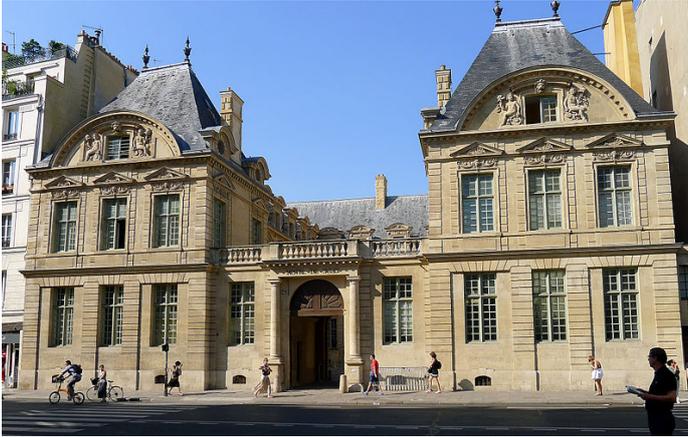


Figure 25 : Façade de l'Hôtel de Sully, siège du Centre des monuments nationaux. ©Mbzt, Wikipedia.

L'Hôtel de Sully, siège du Centre des monuments nationaux, est un monument assez mal connu par les visiteurs. En effet, il s'agit d'un édifice abritant une administration, ce qui implique qu'il y a très peu voire pas du tout de médiation. Des visites des appartements de la Duchesse sont organisées régulièrement, mais elles

sont à réserver à l'avance et seulement en petit comité. Pourtant, l'histoire de l'Hôtel de Sully est très riche, et nous avons d'ores et déjà déterminé un certain nombre de points d'intérêt. Toutefois, de par la contrainte de garder une circulation fluide, nous projetons cette expérimentation en réalité mixte, non pas en réalité virtuelle.

Idées de scénarios et points d'intérêt



Figure 26 : Cour intérieure de l'Hôtel de Sully, vue vers les jardins. © Jean-Louis Zimmermann, Wikipedia.

Le premier de ces points est la cour, avec ses sculptures dites de "style Louis XIII", se situant entre maniérisme et classicisme. A travers une analyse iconographique et stylistique de ces sculptures, on pourrait proposer une remise en perspective au regard de l'histoire de l'art, et peut-être faire des liens

avec d'autres arts, comme la musique baroque. Par ailleurs, la cour pourrait faire l'objet d'une restitution des anciens commerces du XIXe siècle, à partir d'images d'archives et

de plans. Cette thématique-ci pourrait ainsi être développée à une autre question plus générale, celle de la restauration. A travers les remaniements et les choix de restauration de l'Hôtel de Sully notamment par le Centre des monuments nationaux lui-même, il serait très intéressant de proposer une prise de recul et une réflexion sur le processus de restauration en général, ses problématiques et ses choix. Nous pourrions ainsi encourager le visiteur à prendre conscience du caractère complexe car intrinsèquement subjectif de la restauration du patrimoine, et lui faire prendre conscience que toute restauration est toujours dépendante d'un certain système de valeurs inhérent à une époque. Par ce biais, nous voudrions susciter chez le visiteur une prise de conscience de sa propre appartenance à une époque et à un certain système de valeurs.

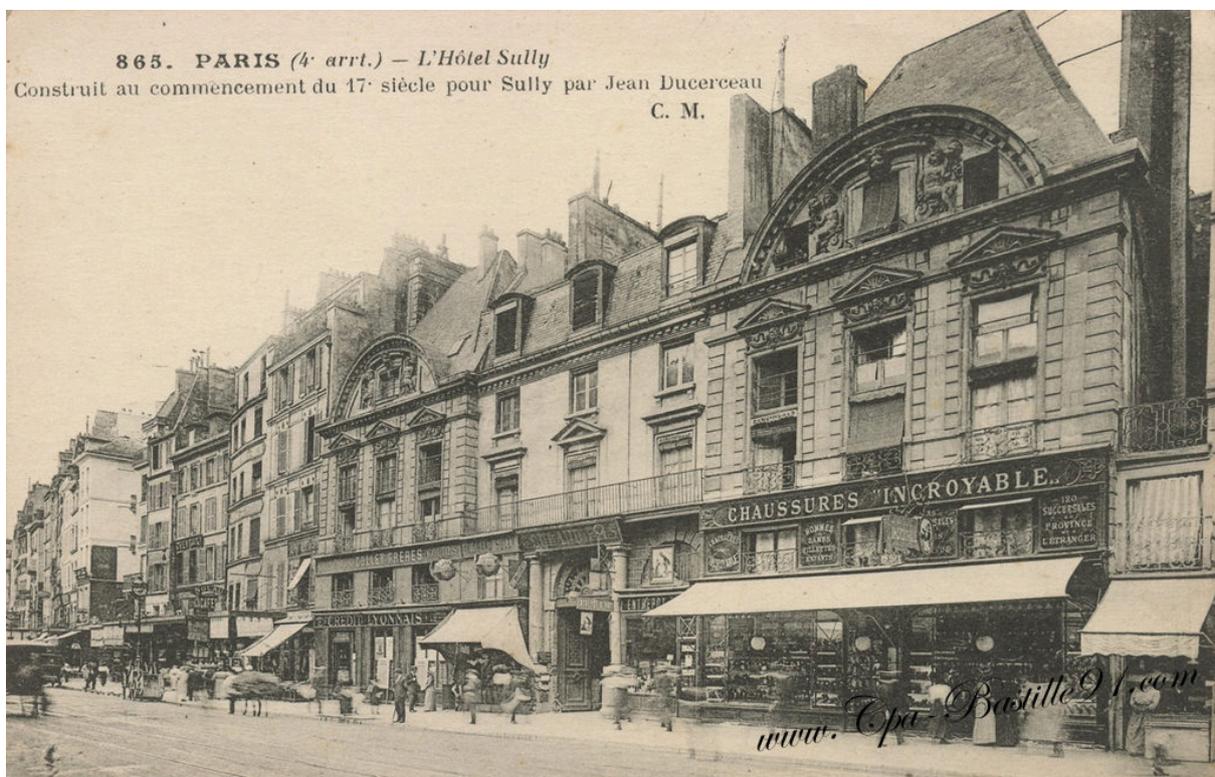


Figure 27 : Façade de l'Hôtel de Sully au XIXe siècle, carte postale ancienne. ©<http://www.cpa-bastille91.com>

Le deuxième point d'intérêt est le jardin, autour duquel plusieurs thématiques pourraient être développées. D'abord une thématique autour des occupants de l'hôtel,

en particulier Maximilien de Béthune, dont le titre de "duc de Sully" a donné son nom à l'édifice. Nous pourrions également proposer une recontextualisation du quartier et de l'histoire du Marais et de ses hôtels particuliers. Ensuite, il serait intéressant de traiter du thème du jardin à la française, en comparaison avec d'autres styles de jardins européens à la même époque, et notamment les jardins anglais, très différents de par leur fibre romantique.



Figure 29 : Vue du jardin de l'hôtel de Sully, vers la cour intérieure. On retrouve bien la rigueur et le contrôle absolu sur la nature des jardins à la française. © <http://www.clemolletinternational.com>



Figure 28 : Exemple d'un jardin à l'anglaise du XIXe siècle, parc du château de Chantilly, qui recherche un effet de nature sauvage, souveraine. © Poschadel, Wikipedia.

Enfin, le troisième point d'intérêt est l'Orangerie, qui se trouve au fond du jardin, et qui fait dos à la place des Vosges. Le premier thème pouvant être développé ici est, bien sûr, celui de l'orangerie lui-même, à savoir expliquer la nature de ce bâtiment et surtout l'origine de cette mode qui remonte au XVIIe siècle et qui semble venir d'Italie. Afin de restituer l'esprit et le rôle du lieu, il serait intéressant de disposer des modèles 3D d'orangers mais aussi de plantes telles que des lauriers-roses. Pour aller plus loin, on pourrait même diffuser des parfums réels, mêlant ainsi encore plus la réalité et le numérique. Cela permet également de proposer une réflexion sur le médium numérique lui-même, en soulignant des sens qui sont actuellement moins sollicités par ces technologies. Enfin, la deuxième thématique, très liée à la première, pourrait tourner autour du goût des XVIIe et XVIIIe siècles pour "l'exotisme", à travers un

ensemble de motifs, comme l'Orangerie mais aussi les "chinoiseries", les "motifs à la grecque" et autres jeux de style que l'on voit chez les architectes de l'époque. Il est également possible de faire un parallèle avec la musique : on retrouve cet attrait pour des terres lointaines et envoûtantes dans les *Indes Galantes* de Rameau, ou bien *L'enlèvement au Sérail* de Mozart.



Figure 30 : Vue sur l'Orangerie, jardin de l'Hôtel de Sully. © ACZ, <http://bluelionmobiletours.blogspot.com>

Problématiques et contraintes à adresser

Nous l'avons vu, la première contrainte à prendre en compte est liée au fait que le monument est en accès libre, sans contrôle. Les visiteurs sont donc simplement des usagers de passage. C'est une des raisons pour lesquelles il faudrait qu'ils aient la possibilité de bénéficier de l'expérience en toute autonomie, donc via leur propre appareil et non pas un casque fourni par l'institution. Ensuite, nous voudrions étudier les possibilités de monétisation de l'expérience : l'application sera-t-elle donc gratuite, payante, ou disponible selon un modèle freemium ? Nous devons étudier la question.

Château de Pierrefonds : deuxième édition

Objectifs et contexte du projet

L'objectif de ce projet est sensiblement le même que pour la première édition : proposer une restitution du rôle de la salle des Preuses à travers la réinstallation d'armures en 3D. Toutefois, nous comptons bien évidemment partir sur l'expérience et les retours que nous avons recueillis pour la première édition. En proposant une nouvelle expérience aux visiteurs qui, pour certains, auront déjà testé la première édition, cela nous permettra de recueillir des retours très précieux qui nous permettront de mettre réellement en regard les deux éditions, et d'en évaluer l'évolution.

Problématiques et contraintes à adresser

A titre d'exemple, nous désirons notamment voir s'il est possible de réaliser un dispositif sur une période plus longue qu'un week-end. Par ailleurs, le Centre des monuments nationaux semble être en bonne voie pour obtenir l'autorisation de numériser au moins une des armures originales. Ce scan devra ensuite être traité et décimé afin de pouvoir être visualisé correctement dans l'expérience. Par ailleurs, il n'est pas impossible que nous nous proposons de modéliser, chez Opuscope, d'autres armures en nous basant sur les photographies utilisées lors de la première édition. Cela nous permettrait de restituer au mieux cet effet imposant des armures couvrant les murs de la pièce. Enfin, nous voudrions approfondir la scénarisation de l'expérience, et couvrir cette fois l'ensemble de la pièce.

Projets à plus long terme : Arc de Triomphe et Panthéon

Objectifs des projets

L'objectif du projet à l'Arc de Triomphe serait de proposer une reconstitution du plafond d'une des salles de l'arc, à partir de dessins préparatoires. Ceux-ci pourraient être numérisés et positionnés sur le plafond de la salle. En ce qui concerne le Panthéon, l'objectif est de restituer les ouvertures des fenêtres désormais murées dans la nef, et donc notamment l'éclairage ancien.

Problèmes techniques

Ces deux projets ont été mis de côté pour le moment, par commun accord avec le Centre des monuments nationaux, la première raison à cela étant la complexité technique demandée par leur réalisation.



Figure 31 : vue de l'attique de l'Arc. © CMN / Bruno Cordeau.

En effet, en ce qui concerne l'Arc de Triomphe tout d'abord, la première piste est de caler l'image du plafond reconstitué par-dessus le véritable plafond, en réalité mixte. Toutefois, l'application ne permettant pas encore de faire des expériences *world locked*, c'est à dire dépendantes de l'espace réel (à noter que cette fonctionnalité était

présente dans les prototypes, mais nous avons dû la repousser dans l'architecture finale), le plafond reconstitué ne sera pas bien calé sur l'espace réel et le rendu risque d'être peu convaincant. Par ailleurs, pour des raisons évidentes de logistique, il serait préférable que cette expérience soit visualisée à travers les smartphones et tablettes

des visiteurs. Or la prise en compte du spatial mapping sur iOs n'est pas encore tout à fait fonctionnel, impliquant notamment de très grosses latences.

En ce qui concerne le Panthéon, le scénario proposé présente lui aussi un certain nombre de problématiques, la plus importante étant l'incapacité de l'Hololens à modifier l'éclairage de l'environnement réel, ou du moins de donner l'impression d'un autre éclairage que celui ambiant. Pour avoir un effet réellement convaincant à l'heure de l'écriture de ce rapport, il faudrait réaliser cette expérience en réalité virtuelle. Toutefois, cela demanderait un travail de création très conséquent, car il faudrait remodeler l'espace du Panthéon, pour ensuite réaliser l'éclairage ancien.

Ces projets sont donc, pour l'instant, remis à plus tard, avec une option d'expérimentation à l'Arc de Triomphe avec le Magic Leap One. En effet, comme évoqué plus haut, nous sommes très curieux d'étudier les possibilités d'utilisation de cet appareil dans le cadre patrimonial, particulièrement par rapport à son esprit de créativité artistique et de réinterprétation sensorielle.



Figure 32 : Vue de la nef du Panthéon. Les fenêtres murées en question se trouvent au niveau des peintures murales. © Jean-Pierre Lavoie / Wikipedia.

B. Le Musée d'Archéologie Nationale

La salle Piette

Objectifs et contexte du projet



Figure 33 : Salle Piette, Musée d'Archéologie Nationale. © <http://www.hominides.com>

La salle Piette est une pièce située au deuxième étage du musée, au niveau des réserves. Il s'agit d'une pièce dans laquelle est exposée la collection d'Edouard Piette, pionnier de la Préhistoire, qui a fait don de sa collection à condition qu'elle soit exposée dans

une salle à son nom et qu'elle n'en sorte pas. La salle est donc figée dans le temps et, fait rare, présente une muséographie du XIXe siècle. La salle est ouverte au public à horaires fixe et en présence d'un guide. Le recours à *Minsight* permettrait d'assurer un plus grand rayonnement à cette collection exceptionnelle et de permettre aux personnes à mobilité réduite d'y accéder. D'un point de vue de la médiation l'idée est aussi d'être en mesure de proposer des aides à la lecture ainsi qu'une mise en contexte de la plus belle collection d'art mobilier paléolithique au monde. Autour de ce projet, plusieurs scénarios possibles ont été définis avec Emilie Houdayer, Ambre Meulenbroeks et Léa Grandin, la plupart en réalité virtuelle.

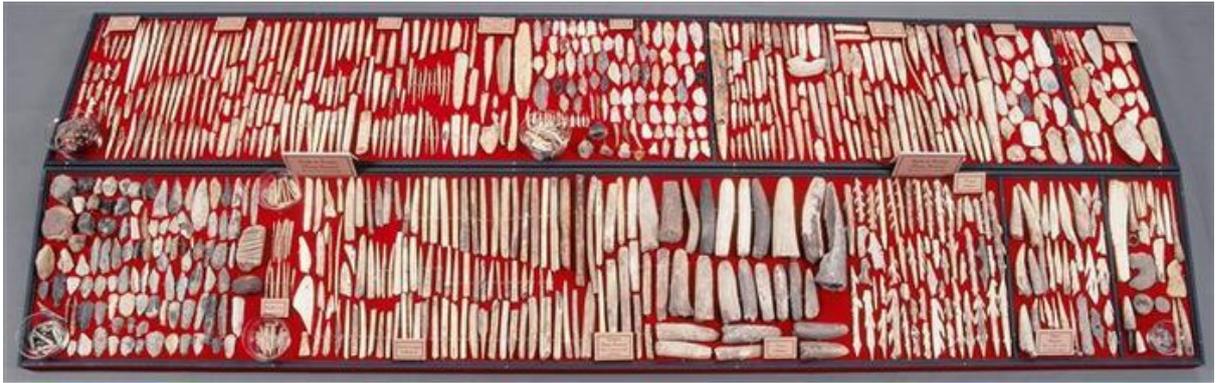


Figure 34 : Vue du dessus d'une vitrine de la salle Piette montrant la muséographie d'origine et l'accumulation des objets. ©MAN / Loic Hamon

Une muséographie-œuvre

Le premier thème pourrait tourner autour du personnage d'Édouard Piette lui-même et de sa muséographie qui permet d'aborder l'histoire du musée, la naissance de la Préhistoire et la présentation des collections. Nous pourrions induire un questionnement autour de ce gel du patrimoine dans le temps, et autour de la notion même de patrimoine et d'œuvre. En outre, il faudrait expliquer la manière dont Edouard Piette a disposé les objets : ils sont organisés selon des périodes de fouilles que lui-même a établies. Cela induirait une réflexion sur la manière dont on établit les styles dans l'histoire de l'art, et nous pourrions faire un parallèle avec la manière dont on construit cette histoire de l'art et ces collections aujourd'hui. De la même manière que la réflexion induite à l'Hôtel de Sully, nous voudrions faire prendre conscience au visiteur son ancrage dans une époque et dans une manière de penser qui ne sera peut-être plus la même dans trente ans.

Manipulation des objets



Figure 35 : Vue du dessus d'une vitrine de la salle Piette montrant la muséographie d'origine et l'accumulation des objets. ©MAN / Loïc Hamon

Dans un troisième temps, nous voudrions pouvoir dissocier certains objets, comme la *Dame à la Capuche* (Figure 35), pour que le visiteur puisse les manipuler et les observer sous tous les angles. Certains objets de la collection ont d'ailleurs été numérisés et sont disponibles en ligne via la plateforme [Sketchfab](#), un des partenaires et fournisseurs de *Minsight*. A travers cette manipulation, nous pourrions proposer une réflexion sur comment les technologies XR permettent d'appréhender différemment le patrimoine, transgressant notamment l'interdiction fondamentale du toucher sans pour autant mettre l'œuvre en danger.

Problématiques et incertitudes techniques

La première problématique associée à ce projet réside dans la possibilité du visiteur d'interagir avec les objets, notamment en réalité virtuelle. Ensuite, se pose la question de la restitution de la salle elle-même en réalité virtuelle. Une première solution serait la photogrammétrie, mais le modèle risque d'être lourd et surtout, il est très peu probable que les vitrines soient reconstruites correctement du fait de leur caractère transparent et réfléchissant. La deuxième solution serait de modéliser la pièce schématiquement ainsi qu'un meuble-vitrine, qui serait ensuite dupliqué dans la salle et texturé. Troisième solution, reproduire l'espace général en photographie 360°, mais cela impliquerait que le visiteur ait accès seulement à un espace restreint. En effet, s'il se déplace trop dans une image 360°, l'illusion sera très rapidement brisée. Enfin,

le dernier questionnement porte sur le mode de transmission des informations : la première piste est celle d'une voix-off, car nous voulons à tout prix éviter d'encombrer l'espace visuel avec trop de texte.

L'histoire du château royal de Saint-Germain-en-Laye

Objectifs et contexte du projet



Figure 36 : Affiche de la prochaine exposition sur Henri II au Musée d'Archéologie Nationale. © MAN/ Graphisme Aurelie Vervueren

L'histoire du château royal de Saint-Germain-en-Laye et de son domaine est particulièrement riche et fait l'objet d'un projet de recherche pour en préciser la nature exacte. De la construction de la chapelle gothique par Saint-Louis, à la création du château-Neuf sous Henri II, à la salle de bal dans laquelle Louis XIV a fait se rencontrer Molière et Lully pour créer l'opéra-ballet nombreux sont les sujets qui pourraient faire l'objet d'une scénarisation via *Minsight*. Dans le cadre d'un stage, Léa Grandin, étudiante en master 2 Histoire Publique de Paris-Créteil a proposé de s'intéresser aussi aux périodes plus sombres de l'histoire du monument, et plus particulièrement à la fin du XVIIIe siècle, lorsque

le château de Saint-Germain en Laye est transformé en école de cavalerie sous Napoléon I, puis en caserne et en prison. Enfin, nous disposons d'une très riche documentation concernant la fin du XIXe siècle et en particulier lorsque Napoléon II décide de rénover le château pour y installer le *Musée des Antiquités celtiques et gallo-romaines* en 1862. L'architecture, les documents d'archives et les recherches récentes sur les évolutions du monument permettent ainsi d'ancrer une expérience numérique

dans l'histoire du lieu, et surtout, de créer un lien avec ceux qui ont vécu dans ce lieu et qui y ont laissé une trace, de créer un lien entre le passé et le présent, et donc, d'une certaine manière, de réactualiser le passé. L'exposition *Henri II - Renaissance à Saint-Germain-en-Laye*, qui ouvrira le 30 mars 2019, pourra permettre d'organiser une ou plusieurs expérimentations *in situ* en associant le public.

La rénovation du bâtiment classé Monument historiques s'accompagnera d'une réorganisation de l'espace d'accueil du musée. Les expérimentations menées dans le cadre de *Minsight* nourrissent ainsi la réflexion sur la pertinence qu'il y aurait à créer ou non un espace modulable, dès l'entrée du musée, mobilisant les technologies de réalité virtuelle et/ou augmentée.

Problématiques et incertitudes techniques

La première problématique sera celle de la modélisation des lieux à valoriser. Dans le cadre des travaux de restauration nous disposons d'un nuage de point de l'ensemble du monument (intérieur et extérieur), mais son utilisation demande un travail très important d'infographie. Selon les archives, nous pourrions peut-être arriver à reconstituer un espace schématique qui donnerait une idée des espaces. Chaque espace nécessite de mobiliser une équipe regroupant conservateur, historien, médiateur et infographiste pour être en mesure de scénariser l'expérience et d'éditorialiser les contenus de façon efficace.

La salle de la mosaïque

Objectifs et contexte du projet



Figure 37 : Actuelle salle de la mosaïque au Musée d'Archéologie Nationale de Saint-Germain en Laye. ©MAN/ Valorie Gô.

Un autre lieu proposé par le Musée d'Archéologie Nationale pour une expérimentation en réalité virtuelle est la salle de la mosaïque, pour notamment proposer la restitution de son état lors de l'ouverture du musée en 1867. Le premier thème tournerait autour de Napoléon III : qui était-il, comment a-t-il vécu, et surtout quel a été son rôle dans la création du musée. Il est à noter

qu'un parallèle serait à faire avec le Château de Pierrefonds, dans la mesure où Napoléon III a eu un rôle important pour les deux monuments.

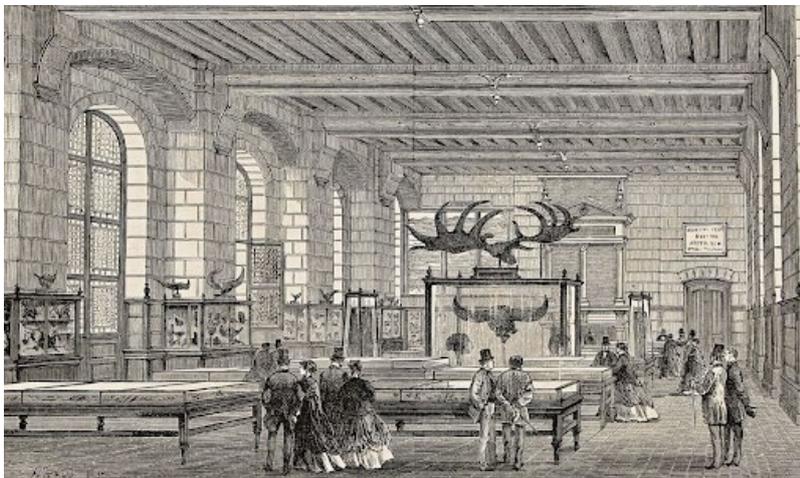


Figure 38 : Le Monde illustré, 11 janvier 1868. @MAN/ Valorie Gô.

Par ailleurs, en 1867, la pièce était divisée en deux. D'une part, il y avait la collection de silex de Jacques Boucher de Perthes, et de l'autre celle d'Edouard Lartet, tous deux considérés comme les Pères de la Préhistoire. La collection est

majoritairement composée de silex, parmi lesquels on trouve aussi des pierres naturelles dans lesquelles certains ont cru discerner la main de l'homme. L'idée serait

donc de proposer au visiteur une expérience autour de ces objets travaillés ou non et d'essayer de deviner, parmi trois "silex", lequel est un vrai, lequel est une pierre naturelle, lequel est un silex "moderne". Après lui avoir donné les réponses, nous l'amènerions sur plusieurs réflexions. D'abord la question de l'interprétation du collectionneur d'un objet et comment cet objet est vu par la suite, mais aussi la question de l'original, de l'authentique, en se demandant notamment si un silex "moderne" n'est pas pour autant important par le fait que le collectionneur a vu en lui quelque chose de spécial.



Figure 39: Photographie de la salle I en 1860 avec les bustes de Boucher de Perthes et de Lartet. ©MAN/Archives

Problématiques et incertitudes techniques

Comme pour la salle Piette, il faudra pouvoir manipuler les objets en réalité virtuelle. Il y a également un certain nombre de questions concernant le guidage du visiteur : nous pensons à une voix-off qui parlerait en fonction de différents points d'intérêt. Par exemple, au milieu de la pièce, il y aurait un portrait de Napoléon III qui déclencherait le commentaire sur son histoire, puis un autre point d'intérêt au niveau

des collections qui déclencherait la partie sur les collectionneurs. Il conviendra, enfin, de réfléchir sur les modalités du jeu des silex.

La Chapelle

Objectifs et contexte du projet

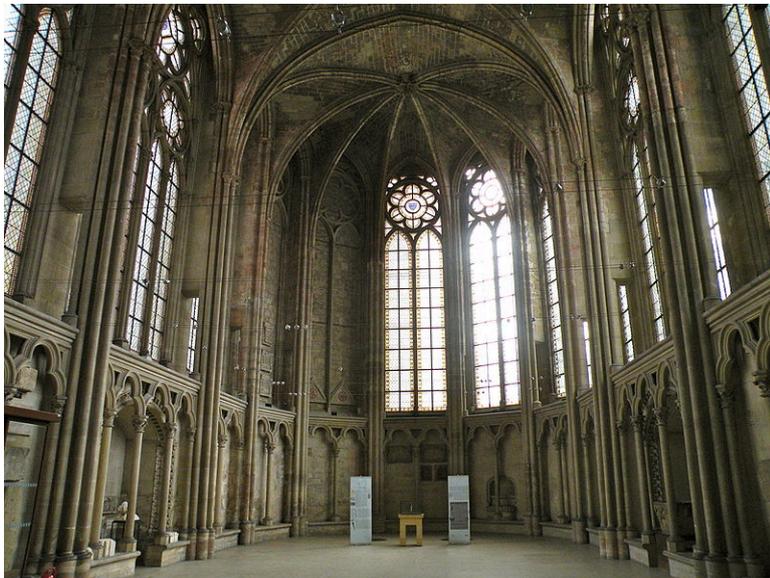


Figure 40 : Intérieur de la Sainte-Chapelle en 2015 (avant la dernière restauration). © Chatsam, Wikipedia.

La Chapelle royale du château de Saint-Germain-en-Laye est un lieu emblématique de la naissance de l'architecture gothique. Nous envisageons d'y mener notre première expérimentation avec le musée. L'objectif principal est de permettre aux visiteurs d'accéder à la chapelle en réalité virtuelle ou augmentée. C'est également un lieu très riche en possibilités scénaristiques. Nous avons donc construit un scénario en trois grands thèmes : d'une part l'histoire et l'iconographie du lieu, l'histoire et le style architectural, et enfin la restauration.

Dans un premier temps donc, le premier thème informerait le visiteur sur l'histoire de la chapelle et son rôle. Le premier point d'intérêt serait ici la voûte. En effet, celle-ci comporte des traces de polychromie, et de sculptures aux croisements des voûtures. On y trouve, dans le chœur, une représentation de Saint-Louis lui-même, de sa femme, de sa mère puis des héritiers dans l'ordre de succession. Certains personnages se tournent le dos, car ils ne s'appréciaient pas de leur vivant, ce qui rajoute une anecdote humaine et amusante. Le deuxième point d'intérêt, dans ce

premier thème, serait l'autel, autour duquel serait développée l'histoire des baptêmes mais aussi du mariage de François Ier.



Figure 41 : Vue de la voûte de la Sainte-Chapelle de Saint-Germain en Laye. © <http://stgermaincommerce.over-blog.com>

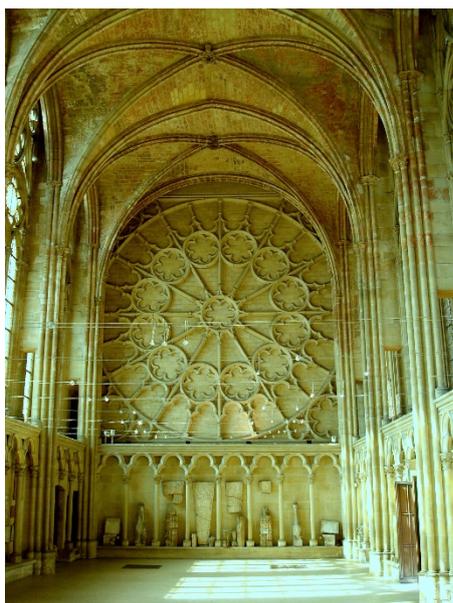


Figure 42 : Rose, Sainte-Chapelle, Saint-Germain en Laye. ©MAN.

La voûte ainsi que ces clés de voûte pourraient faire le lien avec le deuxième thème, à savoir l'histoire architecturale du lieu, et particulièrement avec la présentation de l'architecture appartenant au style gothique rayonnant. Le visiteur découvrirait alors ce qu'est le gothique rayonnant, ainsi qu'un certain nombre de termes techniques concernant des parties architecturales ou architectoniques spécifiques : lancettes, remplages, ogives etc. Ce point s'achèverait sur une mention de la rose, découverte par la restauration d'Eugène Millet, formé par Viollet-le-Duc, ce qui nous permettrait de faire le lien vers le point suivant.



Figure 43 : Vue de la cour du château de Saint-Germain, 1862. Épreuve photographique, prise par Charles-François Bossu, dit Marville, qui illustre l'état de la cour du château alors que la restauration du château par Eugène Millet débute. ©MAN

Le troisième thème, en effet, serait l'histoire de la restauration, avec notamment une comparaison entre l'avant et l'après passage d'Eugène Millet. Là aussi, il serait intéressant d'établir un parallèle avec la restauration du château de Pierrefonds, afin d'avoir un éclairage général de la vision de la restauration très particulière de Viollet-le-Duc et de ses élèves. Particulièrement ici, nous

pourrions faire réfléchir le visiteur sur le lien entre réinterprétation artistique et restauration, Viollet-le-Duc étant au cœur de cette problématique, mais également sur l'évolution des déontologies de restauration et de la manière dont on voit et réinterprète le patrimoine au cours du temps. Cela nous mènerait à des questions sur l'histoire de la réception d'une œuvre, ainsi qu'à une réflexion autour de la mémoire et de sa nature : comment le patrimoine est vu différemment selon différentes cultures, en Occident et au Japon par exemple (en référence notamment au sanctuaire d'Ise). Nous retombons, enfin, sur l'importance d'ancrer le visiteur dans une histoire, dans une époque, et dans une réflexion sur son propre rapport au temps et au patrimoine.

Problématiques et incertitudes techniques

La première problématique consiste à exploiter le nuage de point dont l'établissement dispose et qui a été élaboré par un cabinet de géomètre dans le cadre des travaux de restauration. L'équipe du projet de recherche Musi2R, sur la musique dans les chapelles royales dont le MAN est partenaire, travaille à la reprise de ces données pour une finalisation tout début 2019. En ce qui concerne le support de

modèles lourds dans *Minsight*, les premiers tests sont assez concluants : toutefois, il faudra bien veiller à ce que les performances restent correctes dans l'expérimentation en réalité virtuelle. Ensuite, ce lieu comportant un certain nombre de points d'intérêts et de thématiques, il faudra réfléchir à un moyen de guider efficacement le visiteur dans l'expérience, ce qui est une des problématiques clés de toute expérience de réalité virtuelle. Nous pensons peut-être à un système d'animation ou d'indications visuelles qui attireraient l'attention du visiteur à certains points. Toutefois, il faudra faire attention à ne pas être trop dirigiste : le visiteur doit éprouver une certaine liberté dans sa visite, et doit pouvoir choisir ce qu'il veut voir/ écouter en premier.

C. Le Musée des Arts Décoratifs

Pour offrir un autre point de vue à l'usage visiteur, le MAD entend poursuivre ses investigations pour avancer sur outil à l'usage des professionnels, designers ou scientifiques. Nous envisageons donc d'autres séances de travail avec les étudiants et conservateurs ou conférenciers intéressés par tel développement. Un premier axe pourrait être mis en œuvre par les étudiants en BTS design d'espace de l'ENSAAMA – Olivier de Serres, qui vont réfléchir à la mise en œuvre d'une nouvelle muséographie pour le département Art déco, dans le Pavillon de Marsan.

Il sera aussi question de les inviter à trouver des formes simples d'objets pour constituer le fond de l'expérimentation et voir si une modélisation réduite pourrait apporter une plus grande souplesse d'utilisation et dès lors, offrir un accès plus aisé. Si ce premier exercice est concluant, ils seront invités à présenter leur élaboration lors de la Nuit européenne des musées. A voir, ensuite, si d'autres modélisations pourraient être opérées, notamment, lorsque des salles doivent être fermées pour travaux, de façon à offrir en un lieu dédié, la possibilité de visualiser et de définir d'autres modes de présentation.

Au regard des moyens disponibles dans la plupart des musées de France, il nous semble important de poursuivre les expérimentations, certes sur les œuvres en 3D, mais d'inventer des modes de représentation pour les œuvres numérisées en 2D.

Conclusion

Ces deux ans de partenariat dans le cadre de l'appel à projets Services Numériques Innovants du Ministère de la Culture ont été riches en réflexions, en rebondissements et en émotions. Malgré d'importantes difficultés techniques qui ont causé un retard non négligeable de certaines fonctionnalités clés, nous avons tout de même pu mettre en place de premières expérimentations qui ont été très appréciées des visiteurs. L'année 2019 s'annonce désormais encore plus riche, avec le chantier de fonctionnalités fondamentales pour le succès de *Minsight*, comme la collaboration, le support multi plateforme ou encore le développement de plus grandes possibilités de personnalisation artistique, esthétique et dynamique des expériences. En parallèle, nous avons pu définir de nouvelles ambitions avec nos partenaires, avec des scénarios plus poussés et des questionnements plus précis. Ces nouvelles expériences serviront également de terrain de recherche et d'expérimentation pour une thèse entreprise par Maëlys Jusseaux depuis Octobre 2018 dans le cadre d'un contrat CIFRE chez Opuscope. Cette thèse, prévue pour 2021, traite des apports des technologies immersives dans le renouvellement de l'appréhension et de la connaissance du patrimoine, tant d'un point de vue artistique et émotionnel que scientifique. Le partenariat entre Opuscope, le Centre des monuments nationaux, le Musée des Arts Décoratifs et le Musée d'Archéologie Nationale laisse donc voir de futures perspectives aussi passionnantes qu'innovantes.

ANNEXE

Questionnaire proposé lors de l'expérimentation à Pierrefonds

1. Connaissiez-vous le château de Pierrefonds auparavant ?

	Effectifs	% Obs.
Oui	39	48,8%
Non	41	51,2%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Non

2. Est-ce la première fois que vous visitez le château ?

	Effectifs	% Obs.
Oui	56	70%
Non	24	30%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Oui

3. L'expérience vous a-t-elle plu ?

	Effectifs	% Obs.
Tout à fait d'accord	61	76,2%
Plutôt d'accord	15	18,8%
Plutôt pas d'accord	2	2,5%
Pas du tout d'accord	2	2,5%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Tout à fait d'accord

4. La recommanderiez-vous ?

	Effectifs	% Obs.
Tout à fait	62	77,5%
Plutôt oui	16	20%
Plutôt non	1	1,2%
Pas du tout	1	1,2%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Tout à fait

5. Comment avez-vous trouvé la qualité du son ?

	Effectifs	% Obs.
Excellente	27	33,8%
Correcte	41	51,2%
Plutôt mauvaise	11	13,8%

Très mauvaise	1	1,2%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Correcte

6. Comment avez-vous trouvé la qualité des images ?

	Effectifs	% Obs.
Excellente	19	23,8%
Correcte	53	66,2%
Plutôt mauvaise	5	6,2%
Très mauvaise	3	3,8%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Correcte

7. Est-ce que l'activité Holostoria vous a aidé à mieux connaître le patrimoine du château ?

	Effectifs	% Obs.
Oui	63	78,8%
Non	17	21,2%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Oui

8. Qu'avez-vous ressenti en utilisant cette application ?

	Effectifs	% Obs.
Surprise	30	37,5%
Étonnement	18	22,5%
Plaisir	41	51,2%
Incompréhension	1	1,2%
Malaise	0	0%
Peur	0	0%
Intérêt	29	36,2%
Autre	3	3,8%
Total	80	

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalités les plus citées : Plaisir;

Surprise; Intérêt

9. Voudriez-vous revivre cette expérience ?

	Effectifs	% Obs.
Oui j'aimerais recommencer la même	24	30%
Oui mais j'aimerais la revivre dans un autre lieu	50	62,5%
Non cela m'a suffit	6	7,5%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Oui mais j'aimerais la revivre dans un autre lieu

10. Iriez-vous plus souvent dans des lieux culturels s'ils proposaient des expériences similaires ?

	Effectifs	% Obs.
Tout à fait	38	47,5%
Plutôt oui	34	42,5%
Plutôt non	6	7,5%
Pas du tout	2	2,5%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Tout à fait

11. Avez-vous compris les indications de prise en main données lors de l'utilisation du casque ?

	Effectifs	% Obs.
Tout à fait	61	76,2%
Plutôt oui	18	22,5%
Plutôt non	1	1,2%
Pas du tout	0	0%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Tout à fait

12. Précisez :

	Nb Occurrences	% Rep.
simple	21	48,8%
explications	7	16,3%
bonnes	6	14%
clair	6	14%
claire	3	7%
utilisation	3	7%
casque	2	4,7%
explique	2	4,7%
mal	2	4,7%
ajusté	1	2,3%
...	24	55,8%

Les mots surlignés représentent les mots remarquables parmi les plus cités.

Réponses effectives : 43

Non-réponse(s) : 37

Taux de réponse : 53,8%

Corpus (nombre total de mots) : 124 ;

Lexique (nombre de mots différents) : 34 ;

Mot le plus cité : simple

13. Avez-vous pu lancer les bandes sonores ?

	Effectifs	% Obs.
Oui	75	93,8%
Non	5	6,2%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Oui

14. Si oui à la question précédente, la bande sonore était-elle audible ?

	Effectifs	% Obs.
Oui	72	90%
Non	8	10%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Oui

15. Le port du casque est-il confortable ?

	Effectifs	% Obs.
Tout à fait	27	33,8%
Plutôt oui	39	48,8%
Plutôt non	14	17,5%
Pas du tout	0	0%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Plutôt oui

16. Avez-vous éprouvé un sentiment de nausée ou de malaise physique pendant l'expérience ?

	Effectifs	% Obs.
Beaucoup	0	0%
Un peu	3	3,8%
Pas du tout	77	96,2%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Pas du tout

17. Auriez-vous aimé interagir avec les éléments présentés ?

	Effectifs	% Rep.
Oui	72	91,1%
Non	7	8,9%
Total	79	100%

Réponses effectives : 79

Non-réponse(s) : 1

Taux de réponse : 98,8%

Modalité la plus citée : Oui

18. Si oui à la question précédente, comment ?

	Nb Occurrences	% Rep.
toucher	25	36,8%
pouvoir	10	14,7%
touchant	9	13,2%
déplacer	5	7,4%
elements	5	7,4%
images	5	7,4%
tourner	5	7,4%
armures	4	5,9%
bouger	4	5,9%
déplaçant	4	5,9%
...	82	120,6%

Les mots surlignés représentent les mots remarquables parmi les plus cités.

Réponses effectives : 68

Non-réponse(s) : 12

Taux de réponse : 85%

Corpus (nombre total de mots) : 280 ;

Lexique (nombre de mots différents) : 75 ;

Mot le plus cité : toucher

19. Quel est votre sexe ?

	Effectifs	% Obs.
Féminin	39	48,8%
Masculin	41	51,2%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Masculin

20. Quelle est votre tranche d'âge ?

	Effectifs	% Obs.
Moins de 18	7	8,8%
18-25	12	15%
26-45	30	37,5%
45-60	24	30%
60 et plus	7	8,8%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalités les plus citées : 26-45; 45-60; 18-25

21. Quelle est votre ville/pays ?

	Nb Occurrences	% Obs.
Paris	10	12,5%
Compiègne	7	8,8%
Choisy	5	6,2%
Soissons	5	6,2%
Oise	4	5%

roi	4	5%
belgique	3	3,8%
marne	3	3,8%
Rully	3	3,8%
val	3	3,8%
...	68	85%

Les mots surlignés représentent les mots remarquables parmi les plus cités.

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Corpus (nombre total de mots) : 148 ;

Lexique (nombre de mots différents) : 68 ;

Mot le plus cité : paris

22. Souhaitez-vous être informé des prochaines expérimentations du Château de Pierrefonds ?

	Effectifs	% Obs.
Oui je veux bien	45	56,2%
Non merci	35	43,8%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Modalité la plus citée : Oui je veux bien

23. Date de saisie

	Effectifs	% Obs.
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%

4	0	0%
5	0	0%
6	0	0%
7	0	0%
8	0	0%
9	0	0%
10	0	0%
...	80	100%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Date la plus citée : 19 ; Période : du
18/11/2017 12:04:29 au 19/11/2017 16:06:59
; Regroupement : Jour du mois

24. Temps de saisie

	Effectifs	% Obs.
Moins de 73	0	0%
De 73 à 270	25	31,2%
De 271 à 468	39	48,8%
De 469 à 667	11	13,8%
668 et plus	5	6,2%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80

Non-réponse(s) : 0

Taux de réponse : 100%

Moyenne : 369.65 ; Médiane : 328,38 ;
Ecart-type : 198.38 ; Min - Max : 97,32 -
1241,22 ; Somme : 29571.96

25. Origine

	Nb Occurrences	% Obs.
Direct	80	100%

Les éléments surlignés représentent les éléments remarquables parmi les plus cités.

Réponses effectives : 80	Non-réponse(s) : 0
Taux de réponse : 100%	Nombre total d'éléments : 80 ;
	Nombre d'éléments différents : 1 ; Elément le plus cité : Direct

26. Appareil utilisé pour la saisie

	Effectifs	% Obs.
PC	0	0%
Tablette	80	100%
Smartphone	0	0%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80	Non-réponse(s) : 0
Taux de réponse : 100%	Modalité la plus citée : Tablette

27. Progression

	Effectifs	% Obs.
En cours	0	0%
Terminé	80	100%
QuotaFull	0	0%
ScreenOut	0	0%
Total	80	100%

Réponses effectives : 80	Non-réponse(s) : 0
Taux de réponse : 100%	Modalité la plus citée : Terminé