



Université de Lille – Sciences Humaines et Sociales



École doctorale sciences de l'homme et de la société

Laboratoire GERiCO – EA 4073

Musées immersifs et responsabilité sociale : repenser l'accessibilité au savoir à l'ère numérique

Thèse de doctorat

Sciences de l'information et de la communication

Présentée et soutenue par

Fadoua BOULAKAL

Le 10 décembre 2025

Sous la direction de

Mme le professeur Widad Mustafa El Hadi

Rapporteurs :

Natalia Tognoli, *Professeur des universités, Université de Fluminense Federal, Brésil*

Soufiane Rouissi, *Professeur des universités, Université de Bordeaux Montaigne, France*

Présidente du jury :

Angeliki Monnier, *Professeur des universités, Université de Lorraine, France*

Membres du jury :

Corinne Baujard, *Professeur des universités, Université de Lille, France*

Admeire Da Silva Santos Sundström, *Maître de conférences, Université de Linnaeus, Suède*

Ismail Timimi, *Maître de conférences, Université de Lille, France*

Table des matières

HOMMAGE ET REMERCIEMENTS	5
Résumé Français	7
Mots clés :	8
English Summary	8
Keywords:	9
SIGLES ET ABREVIATIONS	10
PARTIE I – INTRODUCTION GENERALE	12
SECTION 1 : Cadrage du sujet et définitions opératoires.....	12
1.1. Objet et contexte	12
1.2. Définitions opérationnelles	13
SECTION 2 : Problématisation et questions de recherche.....	15
2.1. Problématique générale.....	15
2.2. Axes et questions de recherche	16
SECTION 3 : Hypothèses et cadre d'évaluation	18
3.1. Hypothèses alignées sur les axes	18
SECTION 4 : Organisation de la thèse.....	19
4.1. Présentation synthétique	19
4.2. Articulation logique	20
SECTION 5 : Le musée entre héritage historique et mutations contemporaines	21
5.1. Genèse du musée : de la collection privée à la collection publique.....	21
5.2. Vers un nouveau paradigme muséal : l'émergence de nouveaux musées	25
PARTIE II - AXE DE RECHERCHE ET REVUE DE LITTÉRATURE	32
SECTION 1 : Approche théorique : ancrage des musées dans les GLAM et les LAM.....	32
1.1. Place du musée au sein des sciences de l'information : le musée, un lieu de savoir les LAMs	32
1.2. Le Musée un secteur du GLAM.....	42
1.3. Introduction aux humanités numériques : genèse, fondements et enjeux.....	49
1.4. Musée et patrimoine : vers la transition numérique	76
1.5. Transition numérique vers de nouvelles médiations culturelles	82
1.6. CONCLUSION DE LA SECTION	119
SECTION 2 : Proposition de définition du musée immersif : dispositif numérique.....	120
2.1. Approche conceptuelle de l'expérience dans le champ muséal	120
2.2. Approche conceptuelle de l'immersion dans le champ muséal : simulation neuropsychologique et immersion narrative	123

2.3. Expérience et immersion : Mémoire, émotions et ancrage des connaissances	129
2.4. Proposition de définition du “musée immersif” en tant que dispositif numérique ..	137
2.5. CONCLUSION DE LA SECTION	145
SECTION 3 : Approche théorique : la dimension sémiologique/sémiotique.....	146
3.1. Fondements théoriques de la sémiotique appliquée aux musées immersifs	147
3.2. Sémiotique de la virtualité et des environnements numériques	157
3.3. Narration, immersion et sémiotique dans les musées immersifs	165
3.4. CONCLUSION DE LA SECTION	171
SECTION 4 : Approche théorique : la dimension sociologique	174
4.1. Musées comme espaces de participation : fonction sociale du musée.....	174
4.2. Musées, pouvoir, publics et inégalités culturelles	182
4.3. Musées et numérique : innovations, médiations et tensions sociales	190
4.4. CONCLUSION DE LA SECTION	196
PARTIE III - METHODOLOGIE DE RECHERCHE : COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES	198
SECTION 1 : Introduction à la méthodologie.....	198
1.1. Les choix de méthodologie : qualitative et quantitative	198
SECTION 2 : Méthode qualitative : Entretiens avec les spécialistes des musées immersifs	199
2.1. Étude des musées immersifs : approche de cas et présentation des établissements étudiés	199
2.2. Analyse croisée et comparative.....	214
SECTION 3 : Méthode quantitative : Enquête exploratoire sur l’accessibilité et l’inclusion des visiteurs dans les musées immersifs (MI)	215
3.1. Pourquoi une analyse quantitative ?	215
3.2. Élaboration du questionnaire	215
3.3. Résultats quantitatifs	222
SECTION 4 : Analyse intégrée (triangulation quali–quanti)	239
4.1. Logique de triangulation	239
4.2. Convergences des données	239
4.3. Tableau de synthèse : convergence et rupture	241
4.4. Interprétation intégrée	242
4.5. Pistes opérationnelles : réconciliation des tensions	242
4.6. Limites et prolongements méthodologiques	242
4.7. CONCLUSION DE LA SECTION	243
PARTIE IV - DISCUSSION ET PERSPECTIVES.....	244

SECTION 1 : Transmission des connaissances et des savoirs : la dimension sociale et nos responsabilités	244
1.1. Inégalités sociales, territoriales et symboliques : vers une justice épistémique.....	244
1.2. Responsabilité : conservation, éthique et gestion durable du patrimoine	264
1.3. Transmission des savoirs : innovation, pédagogie et intergénérationnalité.....	279
1.4. CONCLUSION DE LA SECTION	292
SECTION 2 : Médiation culturelle et accessibilité des publics en difficulté	293
2.1. Une médiation inclusive : penser l'accès universel.....	293
2.2. Prendre en compte les neurodivergences : vers une médiation sensorielle et cognitive	296
2.3. Co-construction des savoirs avec les publics : vers une médiation participative	304
2.4. CONCLUSION DE LA SECTION	305
SECTION 3 : Préservation et transmission du patrimoine : quelques défis.....	305
3.1. Les enjeux contemporains de la patrimonialisation : un rempart face à la destruction des savoirs	305
3.2. Mémoricide : destruction des savoirs et « remparts » numériques	313
3.4. Organisation des connaissances et pluralité des mondes : théories, systèmes, infrastructures	320
3.5. Éducation, médiation et transmission intergénérationnelle des savoirs.....	327
3.6. CONCLUSION DE LA SECTION	335
PARTIE V – CONCLUSION GENERALE ET LIMITE DE LA RECHERCHE	339
Glossaire des principaux concepts et termes utilisés dans la thèse	341
Glossary of Key Concepts and Terms Used in the Dissertation	345
Bibliographie/Webographie :	349
Websites:	391
ANNEXES :	393

HOMMAGE ET REMERCIEMENTS

Je tiens tout d'abord à exprimer ma profonde gratitude à ma directrice de thèse, Madame le professeur Widad Mustafa El Hadi, pour son accompagnement exceptionnel tout au long de ce travail.

Son exigence intellectuelle, sa bienveillance et sa confiance m'ont profondément marquée. Elle m'a transmis bien plus que des savoirs, une manière de penser, d'écouter, de chercher et de douter avec rigueur et ouverture. Qu'elle trouve ici l'expression de toute ma reconnaissance et de mon immense respect.

Je souhaite également remercier ma famille, pour son soutien constant.

Je rends hommage à mes parents, à qui j'adresse toute ma tendresse et ma profonde gratitude.

À mon père, qui m'a transmis de précieuses valeurs de travail, de rigueur et de respect. Son exemple, empreint de sagesse et d'exigence, m'a toujours guidée et continue d'inspirer ma manière d'avancer avec intégrité et détermination. À ma mère, pour son soutien constant, sa bienveillance et sa foi inébranlable en mes capacités. Sa force discrète, sa patience et sa confiance indéfectible ont été un appui essentiel tout au long de ce parcours.

Je remercie également ma fratrie, mon frère et mes sœurs, pour leur soutien, leur écoute et les encouragements qu'ils m'ont offerts avec générosité. Leur présence a toujours été une source de réconfort et d'équilibre.

Je tiens enfin à adresser mes remerciements à toutes les personnes que j'ai croisées au fil des années, collègues, amis, enseignants, qui, par leurs échanges, leur amitié ou leur inspiration, ont contribué à nourrir ma réflexion et à rendre ce chemin plus riche et plus humain.

« L'Homme est essentiellement ignorant, et devient savant par l'acquisition du savoir »

Ibn Khaldûn

Résumé Français

Cette thèse doctorale développe la réflexion construite autour des dispositifs de musées immersifs et s'intéresse aux différentes technologies simulant un environnement virtuel. Elle interroge les musées immersifs comme systèmes d'information et lieux de savoir patrimonial, mais également, comme dispositif numérique institutionnel portant une responsabilité d'assurer la diffusion et d'octroyer une accessibilité hétérogène au savoir. En utilisant les technologies les plus récentes, comme la réalité augmentée et virtuelle, les projections, le BIM/HBIM, les outils interactifs et dernièrement l'intelligence artificielle, cette étude cherche à comprendre comment l'immersion modifie profondément la transmission de l'information et comment elle peut, selon sa conception, rendre l'accès plus ou moins facile pour certaines personnes (neurodivergentes et neurotypiques).

L'objet principal est de définir le musée immersif et mettre en lumière l'amélioration tangible des conditions d'accès au savoir, en allant au-delà de l'accès physique : cela comprend l'accès aux personnes ayant des problèmes sensoriels (sous-titres, descriptions audio, langue des signes, adaptations pour les mouvements), l'accès aux personnes ayant des difficultés de compréhension (informations claires, complexité progressive, personnalisation), l'accès linguistique et culturel (plusieurs langues, différents points de vue, public éloigné), et l'accès éthique lié à la technologie (explication du fonctionnement des algorithmes, protection des données, utilisation raisonnable et durable des infrastructures).

En se basant sur des exemples concrets et des analyses de dispositifs immersifs, cette recherche vise à montrer que les institutions muséales tendent à exercer pleinement leurs responsabilités dans la mise en mouvement et la mise en sens des objets et des monuments dans des environnements simulés : Cela implique d'assurer un contenu authentique et vérifiable, des reconstitutions faciles à comprendre, des incertitudes expliquées, des sujets sensibles (comme les vols ou les contextes liés à la colonisation) traités avec soin, et un pouvoir de partage permettant aux visiteurs de participer et de contribuer.

Mots clés :

Musée immersif ; Muséologie numérique ; Patrimoine numérique ; Musée virtuel ; Exposition interactive ; Accessibilité au savoir ; Inclusion culturelle ; Responsabilité sociale des musées ; Justice sociale et culturelle ; Diversité et inclusion ; Humanités numériques ; Bibliothèques, Musées, Archives et Galeries d'art (GLAM) ; Bibliothèques, Archives et Musées (LAM) ; Expérience utilisateur (UX) ; Transmission du savoir ; Pédagogie immersive ; Patrimoine matériel et immatériel ; Participation citoyenne ; Co-construction du savoir ; Lieux de savoir et de mémoire.

English Summary

This doctoral dissertation develops a reflection centered on immersive museum systems and examines the various technologies that simulate a virtual environment. It explores immersive museums as information systems and spaces of heritage knowledge, but also as institutional digital devices bearing the responsibility of ensuring the dissemination and providing heterogeneous accessibility to knowledge. By employing the most recent technologies, such as augmented and virtual reality, projections, BIM/HBIM, interactive tools, and, more recently, artificial intelligence, this study seeks to understand how immersion profoundly transforms the transmission of information and how, depending on its design, it can make access more or less attainable for certain individuals (both neurodivergent and neurotypical).

The main objective is to define the immersive museum and to highlight the tangible improvement in conditions of access to knowledge, going beyond mere physical accessibility. This includes access for individuals with sensory impairments (subtitles, audio descriptions, sign language, adaptations for movement), access for those with cognitive or comprehension difficulties (clear information, progressive complexity, personalization), linguistic and cultural access (multiple languages, diverse perspectives, distant audiences), and ethical access related to technology (explanation of algorithmic processes, data protection, reasonable and sustainable use of infrastructures).

Drawing on concrete examples and analyses of immersive systems, this research aims to demonstrate that museum institutions increasingly assume their full responsibilities in animating and giving meaning to objects and monuments within simulated environments. This involves ensuring authentic and verifiable content, reconstructions that are easy to understand, clearly explained uncertainties, the careful treatment of sensitive topics (such as thefts or

colonial contexts), and the empowerment of visitors to participate and contribute through shared experiences.

Keywords:

Immersive museum ; Digital museology ; Digital heritage ; Virtual museums ; Interactive exhibitions ; Accessibility to knowledge ; Cultural inclusion ; Social responsibility of museums ; Social and cultural justice ; Diversity and inclusion ; Digital humanities ; Galleries, Libraries, Archives and Museums (GLAM) ; Libraries, Archives and Museums (LAM) ; User experience (UX) ; Knowledge transmission ; Immersive pedagogy ; Tangible and intangible heritage ; Civic participation ; Co-construction of knowledge ; Knowledge and memory spaces.

SIGLES ET ABREVIATIONS

MI : Musée Immersif

SIC : Science de l'Information et de la Communication

SID : Science de l'Information et de la Documentation

SHS : Sciences Humaines et Sociales

HN : Humanités Numériques

VR : Virtual reality

RV : Réalité Virtuelle

RA : Réalité augmentée

RM : Réalité mixte

RX : Réalité étendue

3D : 3 Dimensions

BIM : Building Information Modeling

HBIM : Heritage Building Information Modeling

DT : Digital Twin

HD : Haute Définition

IA : Intelligence Artificielle

GLAM : Galleries, Libraries, Archives and Museums

TNMOC : The National Museum of Computing

GPT-4 : Generative Pretrained Transformer - 4

D-ID : De-Identification

MONA : The Museum of old and New Art

MOR : The Museum of Other Realities

NTCI : Nouvelles Technologies de l'Information et de la Communication

GLAM : Galleries Libraries Archives Museums

PARTIE I – INTRODUCTION GENERALE

SECTION 1 : Cadrage du sujet et définitions opératoires

1.1. Objet et contexte

Les musées entretiennent une relation complexe avec les bibliothèques et les archives. Bien qu'ils partagent, avec ces institutions, une mission culturelle et patrimoniale au sein du secteur LAM/GLAM, ils possèdent également leur propre identité. Pour bien saisir les enjeux abordés dans cette thèse, il nous faut d'abord replacer le sujet dans son contexte. Cette mise en perspective s'avère essentielle pour appréhender pleinement les questions de diffusion et d'accessibilité des connaissances, car sans cette recontextualisation préalable, les véritables défis soulevés par ce thème risqueraient de nous échapper.

Ces institutions, depuis le Mouseion d'Alexandrie jusqu'aux cabinets de curiosités, des collections princières aux musées publics puis aux espaces numériques immersifs, n'ont jamais cessé de redonner du contexte aux objets pour en révéler de nouvelles significations. Cette recherche repose sur un réagencement des connaissances avec une remise en contexte des savoirs dans leur environnement d'origine, historique, social, technique, qui permet d'en saisir toute la portée et d'en faciliter l'accès. L'évolution numérique a permis la création et l'installation de nouveaux dispositifs comme les musées immersifs, véritables catalyseurs d'information qui tendent à rendre les contenus accessibles à tous les publics. Notre recherche tend à aller au-delà de la simple description. En effet, ce travail a pour but de transmettre l'information la plus complète possible afin de construire une compréhension des enjeux du musée immersif dans notre société. Car, semblable à un artefact dépourvu de son cadre originel, un savoir déconnecté de son environnement perd sa capacité à nous éclairer : privé de contexte, le sens finit par s'évaporer.

Le musée, longtemps perçu comme un lieu de mémoire et de contemplation, tend aujourd'hui à devenir un espace d'interaction et de participation, où la médiation culturelle se réinvente à travers de nouveaux dispositifs technologiques. Cette évolution ne résulte pas d'une simple adaptation fonctionnelle, mais d'une véritable redéfinition de ses missions et de ses pratiques au regard des avancées numériques. C'est dans cette dynamique que s'inscrit l'émergence des musées immersifs, qui prolongent et réinterprètent la vocation originelle du musée, celle de

relier le savoir à l'expérience sensible, en intégrant les potentialités offertes par le virtuel et la simulation. Dès lors, il importe d'analyser comment ces transformations technologiques participent à une refonte du rapport entre le public, les collections et la connaissance elle-même.

1.2. Définitions opérationnelles

Débutons notre explication par une courte définition du mot musée et de son étymologie. D'après le dictionnaire de l'Académie Française, "*Musée*" est un nom masculin, employé au "*XIII^e siècle, pour désigner un collège, une académie où les Anciens cultivaient les arts ; XVIII^e siècle, au sens moderne. Emprunté, par l'intermédiaire du latin *musaeum*, *museum*, du grec *mouseion*, « temple des Muses », puis « lieu où l'on cultivait la poésie, les arts ».*" Le "*Musée*" est un "*Édifice où l'on réunit, conserve, classe et expose au public des œuvres d'art, ou des objets et documents intéressant un domaine du savoir. Les collections d'un musée sont dues soit à des acquisitions de la puissance publique, soit à la générosité de donateurs privés. Un musée peut être consacré à un domaine spécifique (musée des sciences et techniques), à l'œuvre d'un artiste dont il porte le nom (musée Rodin). Il peut être désigné du nom de son fondateur (musée Guimet), ou du nom de l'édifice qui l'abrite (musée du Louvre, musée du Prado).*" Également "*Une pièce de musée, se dit d'un objet remarquable, de grande valeur (peut s'employer ironiquement). Le musée des horreurs (fam. et iron.), un rassemblement d'objets hideux.*"

Selon ces définitions, la notion de musée, sur les plans étymologique et historique, nous vient de l'ancien grec *mouseion* (μουσεῖον), qui désigne d'abord un temple destiné aux Muses, déesses du savoir dans la mythologie grecque (Murray, 2008), puis le terme est adapté en latin (*musaeum*), pour désigner au XVIII^e siècle un espace institutionnalisé de conservation et d'exposition d'objets culturels, artistiques ou scientifiques.

Sur le plan scientifique, un musée est une institution muséologique, investie dans les sciences du patrimoine et la muséologie, ayant pour vocation de collecter, conserver, étudier et diffuser des artefacts ou œuvres d'intérêt historique, artistique, scientifique ou technique, et s'inscrivant dans une épistémologie intégrant observation et analyse des objets exposés au sein d'un dispositif de documentation et de transmission des savoirs.

Les musées se distinguent par leur spécialité, ils sont classés en différentes catégories : musées d'art, d'histoire, de sciences naturelles, techniques ou ethnographiques. Chaque typologie de

musée intègre une méthode différente d'archivage et de médiation. Ces institutions déploient des moyens techniques à destination des publics, ainsi la muséologie constitue un véritable savoir-faire scientifique. Elle englobe des processus essentiels comme le classement, la conservation préventive et la restauration des objets patrimoniaux. Ces démarches s'appuient sur des principes issus des sciences physiques, notamment l'analyse des matériaux de conservation et leur composition chimique, contrôlée en fonction de paramètres comme l'hygrométrie ou l'intensité lumineuse pour prévenir différentes formes de détérioration. Elles puisent principalement dans les sciences humaines, en replaçant systématiquement le patrimoine dans son contexte culturel spécifique.

Dans une approche résolument sociale, le musée, un espace de légitimation culturelle, constitue un lieu voué à la sélection et à l'exposition d'œuvres, sous haute tension tant politique qu'économique, voire socialement productif. Enfin, la notion de pièce de musée a une double acception, celle de l'objet rare et précieux, mais aussi, par ironie, celle de l'objet désuet.

SECTION 2 : Problématisation et questions de recherche

2.1. Problématique générale

L'image et les pratiques des musées ont évolué au fil des années, pour aujourd'hui proposer une large gamme de collections accessibles autrement. L'évolution numérique a joué un rôle non négligeable dans cette mutation muséale. Ce changement a transformé les musées à l'échelle de leur pratique, de leur médiation, de leurs expositions et de leur accessibilité. À l'heure actuelle, nous percevons plusieurs technologies introduites dans cette institution culturelle. Parmi elles, nous pouvons noter des technologies permettant de simuler des environnements virtuels, des artefacts dématérialisés ou encore la résurrection de personnages historiques appartenant au passé et à l'histoire. De surcroît, cette mutation incite les musées à développer, par leurs propres initiatives, des concepts et des dispositifs reposant sur des environnements artificiels générés par des logiciels. Ces environnements fictifs devraient permettre l'accès aux expositions, aux collections et aux informations. Moults musées dans plusieurs pays ont mis en place ce type de système. Mais nous pouvons nous interroger de manière légitime sur les raisons : Est-ce que ces dispositifs sont mis en place dans un contexte de demande, ou dans l'optique de valoriser et de mettre en avant leurs collections ?

À l'heure actuelle, les musées promeuvent un nouveau modèle au cœur de notre recherche : les musées immersifs. Plus que la simple exposition des œuvres ou des objets historiques, leur mission leur confère une responsabilité sociale et une préoccupation pour la justice sociale au cœur de ce modèle éthique qu'est la protection de la culture et de l'information. Bien plus que des lieux de conservation du patrimoine, ces nouveaux musées numériques contribuent à construire un savoir inclusif et accessible à tous, investi dans la réflexion éthique et la représentation des cultures et identités. Ainsi, dans cette thèse, nous tentons de comprendre dans quel contexte les musées mettent en place ce dispositif en posant la problématique suivante : *Comment les musées immersifs constituent-ils un nouveau paradigme muséal capable de promouvoir une forme de justice sociale par l'accessibilité universelle au savoir et face à l'hétérogénéité croissante des publics ?*

Cette problématique principale a soulevé plusieurs questions de recherche que nous allons détailler dans la partie suivante.

2.2. Axes et questions de recherche

Afin de répondre au mieux à notre problématique principale, il est nécessaire d'organiser nos propos autour d'un cadre théorique qui nous permettra de recontextualiser les musées immersifs à la fois dans l'évolution des musées qui intègre la transition numérique et plus largement dans les humanités numériques et le GLAM, au sein desquels ils trouvent leur ancrage. Le but est de saisir ce nouveau dispositif hybride qui se situe à la frontière de la culture, de la technologie et de la médiation des savoirs.

Une telle réflexion demande d'aller au-delà et de mobiliser des approches interdisciplinaires. La reconfiguration des musées vers un nouveau genre culturel demande une réflexion approfondie sur l'espace d'expérience et le lieu d'interactions sensorielles et participatives, où la médiation se déploie dans une dynamique à la fois cognitive, émotionnelle et sociale. Cette évolution ne se limite plus à la dichotomie entre le réel et le virtuel, mais s'inscrit dans un continuum complexe où coexistent plusieurs aspects : présence physique et psychique, représentation numérique, nouvelles symboliques et expérience sensible.

En prenant appui sur un brassage théorique interdisciplinaire, cette étude proposera d'appréhender le musée immersif non pas comme un phénomène passager, mais comme un nouveau paradigme muséal. Cette déclinaison s'inscrit dans des enjeux de transformations épistémologiques, sociales et esthétiques.

De ce fait, notre travail est guidé par plusieurs questions de recherche qui structurent notre pensée. Certaines émergent en amont : Qu'est-ce qu'un musée immersif ? Comment se construit-il ? Comment s'articule-t-il, autour de quelles technologies et outils ? Permettent-ils réellement de démocratiser l'accès à la culture et au savoir ? Dans quelle mesure constituent-ils un nouveau paradigme muséal capable de promouvoir une forme de justice sociale, notamment pour les publics en situation de handicap ? Quel est l'impact sociétal de ces dispositifs sur la perception et la légitimité de la culture numérique ? Quels sont les enjeux éthiques, sociaux et politiques liés à l'usage des technologies immersives dans les espaces patrimoniaux ? Comment les musées immersifs transforment-ils la transmission et la médiation des savoirs culturels ? Comment les interactions sociales émergent-elles dans les expositions interactives ? De quelle manière les activités individuelles se transforment-elles en expériences collectives ? Quels comportements typiques se manifestent dans ces environnements et

comment peuvent-ils être mobilisés pour concevoir des expériences plus engageantes et inclusives ? Comment la combinaison d'écrans interactifs, d'appareils mobiles et d'autres technologies favorise-t-elle l'interaction sociale et modifie-t-elle les comportements muséaux ? L'utilisation des technologies apporte-t-elle une plus-value en termes de compréhension et d'apprentissage ? Comment les visiteurs réagissent-ils face à ces systèmes d'information ?

Il serait réducteur de juger l'intérêt grandissant pour les systèmes immersifs uniquement sous le prisme technologique ou esthétique. Aujourd'hui, recréer virtuellement des lieux disparus (à cause de la guerre, de catastrophes naturelles ou de l'urbanisation) soulève des questions d'ordre éthique. En effet, plusieurs problèmes se posent quant à l'authenticité, à savoir si nous respectons bien la reconstitution du patrimoine. Lorsqu'un lieu disparu est modélisé en 3D pour permettre un accès au public, on peut être amené à se demander si cette reconstitution immersive montre vraiment l'esprit du lieu disparu ou si c'est une réplique moderne qui interprète un souvenir incomplet. Les débats sont ouverts quant à cette remise en question qui juge la fidélité de l'histoire, l'utilisation des nouvelles technologies, la mémoire collective et la présentation moderne du patrimoine dans les musées numériques (immersifs). C'est précisément sur ces tensions que notre pensée se développe avec l'objectif de comprendre les enjeux symboliques, culturels et politiques de cette mutation.

Ce foisonnement d'interrogations fait émerger plusieurs hypothèses que nous allons aborder dans la partie suivante.

SECTION 3 : Hypothèses et cadre d'évaluation

3.1. Hypothèses alignées sur les axes

Nos questions de recherche mettent en lumière certaines hypothèses. Tout d'abord les musées immersifs seraient une nouvelle déclinaison du musée, issu de la transition numérique qui inclut une médiation culturelle reposant sur l'expérience sensorielle, l'interactivité et la participation citoyenne. Cela redéfinirait la mission principale du musée qui est la conservation, la transmission et l'accessibilité au savoir. Parallèlement, l'intégration des dispositifs immersifs favoriserait une accessibilité universelle au savoir, notamment pour les publics présentant des profils neuroatypiques, en situation de handicap ou éloignés des connaissances liées au patrimoine. Ainsi, les musées immersifs participeraient à une forme de justice sociale et de démocratisation du savoir.

Le fait que les musées immersifs soient ancrés dans le champ des humanités numériques et dans le secteur des GLAMs, transformerait les logiques de conservation, de diffusion et de participation citoyenne, en ouvrant de nouvelles perspectives de patrimonialisation basée sur une dématérialisation des savoirs. Les environnements immersifs mobiliseraient des mécanismes propres qui allient perception et émotion du visiteur. Cela faciliterait l'appropriation des savoirs par l'apprentissage et la mémorisation, et révélerait l'importance de la dimension neuropsychologique, tant dans la conception que dans la mise en place des dispositifs.

Les technologies immersives feraient évoluer la réception et l'interprétation des signes et des symboles. En effet, l'aspect dématérialisé modifierait la sémiotique en transformant la relation entre le signe, l'objet et le spectateur. Dans ces environnements hybrides, le sens ne serait pas uniquement véhiculé, mais co-construit par le visiteur du fait d'une interaction dynamique avec les dispositifs numériques. Cela nous mènerait à une mutation des comportements sociaux en créant des pratiques influencées par la diversité des publics (âge, compétences numériques, culture d'origine, handicap). Ainsi, nous assisterions à une reconfiguration des modalités de socialisation et d'engagement collectif dans les espaces culturels.

La reconstitution immersive de lieux ou d'objets disparus soulèverait aussi des tensions éthiques et épistémologiques autour de la notion d'authenticité. À cet effet, il convient de se

demander si les représentations numériques restituent fidèlement le patrimoine sans pertes ni mémoires fragmentaires. Cela donne matière à réfléchir sur la légitimité culturelle du numérique en tant que participant à la redéfinition des frontières entre culture savante, populaire et participative.

SECTION 4 : Organisation de la thèse

4.1. Présentation synthétique

Afin de traiter au mieux notre sujet nous allons suivre un plan qui se décline en cinq grandes parties. La première partie, dans laquelle nous sommes, introduit le sujet, la problématique, les questions de recherche et les hypothèses. Elle permet de recontextualiser l'institution dans son environnement (historique et social), afin de bien cerner les enjeux qu'elle renferme.

La deuxième partie concerne l'état de l'art avec une approche interdisciplinaire. En effet, l'état de l'art s'articule en trois sous-parties. La première sous-partie permet d'ancrer notre recherche non seulement dans le domaine des humanités numériques, où convergent les sciences informatiques et les sciences humaines et sociales, mais également dans le secteur des GLAMs (Galleries, Libraries, Archives and Museums) qui est un secteur créé par les mutations numériques et la mise en réseau des institutions patrimoniales. L'objet principal est d'appréhender ces transformations et d'en saisir les reconfigurations de conservation, de diffusion et de participation citoyenne. Ce cadre permettra de préciser la définition du musée immersif, qui s'inscrit pleinement dans le domaine des humanités numériques. Cette définition intégrera une dimension neuropsychologique essentielle pour appréhender les mécanismes par lesquels les dispositifs immersifs facilitent l'accès aux savoirs et les processus d'apprentissage. La deuxième sous-partie concerne la dimension sémiotique et sémiologique qui constitue un axe théorique majeur. Ainsi, nous pouvons étudier les transformations du signe et du sens, ainsi que les constructions de connaissance à travers les dispositifs numériques. À cette perspective s'ajoute la troisième sous-partie qui mobilise une approche sociologique. Celle-ci nous permet d'observer les évolutions du rôle des musées auprès des publics en étudiant les usages et comportements des usagers.

La troisième partie aborde la méthodologie et les résultats obtenus. Ainsi, elle se concentre sur la méthodologie de recherche qui mobilise une démarche mixte intégrant une méthode qualitative, fondée sur des entretiens, et une méthode quantitative, fondée sur une enquête de terrain. Le but de cette partie est d'expliquer nos choix et leur contenu. Les deux approches

méthodologiques que nous avons décidé de mener, vont donner lieu à la collecte et à l'interprétation des résultats, cela, par une analyse croisée pour le qualitatif et un tri à plat accompagné d'un tri croisé pour le quantitatif. Ces données nous permettront d'appréhender les objectifs poursuivis par les musées à travers les dispositifs.

La quatrième partie ouvre les discussions et les perspectives émergentes. Celle-ci prolonge notre réflexion à partir des résultats obtenus, en envisageant les implications sociales, culturelles et politiques du musée immersif dans notre société.

Enfin, la cinquième et dernière partie viendra clôturer notre travail de recherche, si celui-ci peut l'être, au vu de la modernité et l'évolution rapide du sujet.

4.2. Articulation logique

Pour bien saisir les changements muséaux qui ont mené à la création des dispositifs immersifs, il nous faut remonter aux sources mêmes de l'institution muséale. Retracer cette histoire, depuis le *Museum* d'Alexandrie jusqu'aux formes contemporaines de médiation numérique, nous aide à comprendre comment le musée s'est progressivement imposé comme un lieu de savoir, de représentation et de démocratisation culturelle. Le musée n'est pas une entité figée puisqu'il s'est constamment métamorphosé selon les époques, les idées politiques, la société et les progrès techniques. Relater le contexte historique, c'est replacer le musée dans la dynamique de transformation des pratiques de conservation, d'exposition et de transmission des connaissances. Cette vision nous donne les clés pour comprendre comment le musée savant, centré sur les collections, la conservation et la diffusion, est devenu un musée numérique où les gens participent jusqu'à l'avènement du musée immersif qui va plus loin encore en reliant le patrimoine, la technologie et l'expérience sensible. C'est dans cette optique que nous allons maintenant aborder la conception des musées, afin d'en exposer les bases et les continuités qui ont conduit à la création de ces nouveaux lieux de savoir hybrides.

SECTION 5 : Le musée entre héritage historique et mutations contemporaines

5.1. Genèse du musée : de la collection privée à la collection publique

Les prémices du musée remontent à l'Antiquité. Le terme μουσεῖον - museion - désignait un bois sacré, où l'on honorait les Muses, compagnes d'Apollon, filles de la Mémoire et inspiratrices des arts libéraux. Le museion était souvent considéré comme un lieu de culte funéraire, dédié à l'accueil des défunts et où les familles se recueillaient afin de vouer un culte aux Muses qui détenaient le pouvoir d'octroyer l'immortalité. À Alexandrie, on voit apparaître le Mouseion fondé par Ptolémée Sôter, roi d'Égypte et premier de la dynastie lagide, sur le conseil de deux philosophes venus d'Athènes, Démétrios de Phalère et Straton de Lampsaque. Ce Mouseion, « *grande maison d'instruction (ou de culture)* », dans la définition que donne Strabon dans sa Géographie, est un lieu qui rassemble bon nombre de bâtiments et de portiques, où se trouve une communauté de savants pris en charge par le roi pour qu'ils puissent s'adonner entièrement à l'étude (Gob et Drouguet, 2021). Alexandrie abrite alors le Mouseion, vaste complexe intellectuel qui, à son tour, abritait la célèbre bibliothèque d'Alexandrie. Ce centre intellectuel n'était pas un musée au sens moderne du terme, mais il reflétait néanmoins l'idée d'un espace consacré au développement et à l'enrichissement des connaissances, du savoir et de la recherche. Ainsi, ce lieu incarne déjà l'idée d'un espace dédié au savoir, prélude aux concepts ultérieurs de studiolo.

Au cours de la Renaissance (1400-1600), plus précisément dans les années 1400, l'évolution des pratiques de collection constitue le terreau fertile de l'émergence des musées modernes. Nous parlons alors des studiolo (studioli) nés en Italie et possédés par des princes et bourgeois italiens, ancêtres des cabinets de curiosités. Ces premiers lieux de conservation et d'exposition personnelle témoignent ainsi d'un désir profond de rassembler la diversité du savoir et du monde matériel, en offrant aux élites la possibilité d'occuper la sphère à la fois intime et encyclopédique de l'univers, comme le disait Aristote : « *Tous les hommes désirent naturellement la connaissance* ». (Morel, 2012)

Les studiolo sont alors de petites pièces personnelles fermées, destinées aux études et au savoir, le studiolo de Frédéric III de Montefeltre en est un exemple célèbre (cf-ANNEXE A). Ces petites salles d'études réunissaient des objets de collection personnelle et, à ce moment-là, deux catégories d'objets existaient : "*naturalia et artificialia*" (Bonfait, 2025). Les artéfacts

“*naturalia*” proviennent de la nature tels que faits et les objets “*artificialia*” émanent de la main de l’homme ou se voient modifiés par la main de l’homme.

Aussi, ces petites pièces sont des espaces de réflexion et d’étude liés à la littérature de la Renaissance, mais symbolisés par l’idéal humaniste. Le studiolo de Francesco Ier de Médicis (cf-ANNEXE B), achevé vers 1572 à Florence, illustre parfaitement nos propos (Bonfait, 2002). Destiné à faire office de cabinet d’études et de laboratoire de la connaissance, il faisait coexister art, sciences et philosophie, dans une atmosphère intimiste particulièrement esthétique. Ces studiolos permettent l’émergence de nouveaux types de lieux tels que les « *cabinets de curiosités* » ou autrement appelés les « *cabinets de singularitez* » (Rivallain, 2001).

Dès le XVI^e siècle, au cœur de l’Europe, naissent la création et la multiplication des cabinets de curiosité (ou Wunderkammer) (cf-ANNEXE C). Ces espaces rassemblent plusieurs artefacts, allant de l’objet rare à l’objet exotique, souvent mystérieux. Ces collections possédées par les personnes aisées témoignent de la fascination pour l’inconnu et l’inexpliqué. Ces artefacts conservés à cette époque proviennent alors de l’essor des explorations d’outre-mer. Conçues dans ce premier temps pour une mode privée et pour un petit nombre d’initiés, ces collections ont pour but d’éveiller la curiosité intellectuelle (qu’elle soit scientifique, littéraire ou artistique), et elles constituent également des archives vivantes du monde en cours de découverte.

Ces cabinets de curiosité, dans d’autres langues, sont désignés sous le nom de « *muséum* ». En effet, le terme apparaît sous sa forme latine (*musaeum* ou *museum*) et italienne (*museo*) aussi bien pour désigner une salle ornée des figures des Muses, comme dans la villa de Paolo Giovio (cf-ANNEXE D) qu’il appelle *Musaeum* vers 1540, que pour désigner la « *maison de campagne que le prévôt de Paris, Antoine Duprat, fait installer à Vanves par l’humaniste florentin Gabriel Simeoni* » (Pommier, 1989) en France, vers 1560. Le muséum est alors, avant tout, un lieu d’étude privé : « *Le musée est le lieu où l’érudit s’assoit seul, à l’écart des autres hommes, attaché à ses études, lisant les livres* » (Comenius, 1659).

D'après les archives conservées à travers l'Europe, ces espaces servent d'instruments pour comprendre le fonctionnement du monde qui nous entoure et de la nature. Les cabinets de curiosités vont se modeler et se remodeler au fil des années et leur existence va se perpétuer jusqu'au XXe siècle. Ces lieux vont prendre différentes formes et aspects en fonction des époques, des lieux et des collectionneurs. Certains vont leur octroyer un aspect d'espaces de prestige où l'on peut exposer les trésors afin de réhausser son égo et sa gloire et pour d'autres, ce sont des lieux de conservation constitués de pôles d'érudition mêlant collections d'objets, de livres et de tableaux (Rivallain, 2001).

Au fil du temps, les cabinets de curiosités ont évolué de manière à se décomposer en plusieurs catégories d'objets : *Artificialia*, qui regroupe les objets créés ou modifiés par la main de l'Homme (œuvres d'art et autres antiquités) ; *Naturalia*, qui regroupe des objets naturels et des créatures en tout genre (pierres, plantes, entre autres) ; *Exotica*, qui rassemble les plantes et animaux exotiques ; et *Scientifica*, qui regroupe les instruments scientifiques. Ainsi, une large gamme d'artéfacts est conservée et exposée dans ces lieux. D'après A. Schnapper (1988) le cabinet de curiosité est « *un microcosme... au sens de résumé du monde, où prennent place des objets de la terre, des mers et des airs, ou des trois règnes, minéral, végétal et animal, à côté des productions de l'homme* », soit un « *abrégé de la nature entière* ».

Ces espaces prennent leur essor au niveau européen à partir du XVIIe siècle pour se développer sous différentes formes à partir du XVIIIe siècle. Ces dispositifs laissent augurer la transformation radicale qui se produit au XVIIIe et au XIXe siècles lorsque des collections privées se voient parfois progressivement remplacées par des institutions qui se veulent principalement publiques, éducatives et conservatoires. Ainsi, le terme « *cabinet de curiosités* » tombe en désuétude (Rochas, 2006).

C'est au Royaume-Uni que l'on voit apparaître ce qui ressemble au musée tel que nous le connaissons aujourd'hui, l'Ashmolean Museum à Oxford, créé en 1682, lorsque le riche antiquaire Elias Ashmole a fait don de sa collection à l'Université. En effet, Ashmole souligne que la connaissance de la nature est nécessaire à la vie, mais également à la santé. L'acquisition de sa collection provient de deux botanistes, naturalistes et jardiniers : John Tradescant, père et

fil, qu'il rencontre vers 1650-1652. Employés par l'antiquaire et homme politique, les Tradescant avaient voyagé et donc parcouru le monde connu des Européens, permettant de collecter de nouveaux spécimens de plantes exotiques pour les jardins du comte. Au cours de leurs voyages, ils ont pu faire l'acquisition d'une collection remarquable d'objets botaniques, géologiques et zoologiques ainsi que d'objets fabriqués par l'homme. Au fil des années, la collection s'est vue étoffée au fur et à mesure des déplacements.

Lorsque Ashmole fait don de cette collection à l'Université d'Oxford, elle est combinée à une collection plus ancienne de l'Université, qui comprenait la lanterne de Guy Fawkes et le Manteau aux nombreuses couleurs de Jacob (perdu depuis longtemps). Le musée ouvre ses portes en tant que premier musée public de Grande-Bretagne et premier musée universitaire au monde, en 1683.

Un siècle plus tard, en 1753, le Parlement britannique fait l'acquisition de la collection de curiosités de Hans Sloane, médecin, naturaliste et collectionneur irlandais et fonde le British Museum de Londres. Six ans plus tard, la collection est diffusée auprès du public en accès restreint. C'est en 1820 qu'il ouvre réellement ses portes au public, sur l'initiative du duc de Wellington, alors Premier ministre. Cette ouverture est due à la rivalité avec le musée du Louvre, qui a ouvert ses portes quelques années plus tôt (Font-Réaulx, 2016).

En France, la Révolution française (1789) marque un tournant décisif dans l'ouverture du savoir. En 1793, le Louvre ouvre ses portes sous l'appellation de « *Muséum central des arts de la République* » ; il n'est pas question d'ouvrir à tous les publics, mais uniquement aux initiés. Les artistes étaient alors le tout premier public à accéder aux collections exposées. L'ensemble des artefacts collectés et exposés est constitué d'objets témoins ou non de l'Ancien Régime et la notion de patrimoine national est née. Certaines collections privées des rois et autres nobles, confisquées durant la Révolution, faisaient partie des artefacts exposés. En Italie, il faut attendre 1790 pour voir s'ouvrir en accès libre la Galeria dei Uffizzi à Florence et pour que nous puissions considérer cette galerie officiellement comme un musée (Gob et Drouguet, 2021).

Cette évolution temporelle et sociale nous permet de prendre connaissance de la naissance du musée et de voir la métamorphose qu'il a vécue à travers l'Histoire. Suite à cette genèse,

penchons-nous maintenant sur les institutions contemporaines. Portées par la mondialisation et les avancées technologiques, elles réinventent aujourd'hui l'expérience des visiteurs tout en offrant de nouvelles valorisations et préservations de notre héritage culturel.

5.2. Vers un nouveau paradigme muséal : l'émergence de nouveaux musées

Dans ce contexte de renouveau du musée, certains auteurs mettent en avant les transformations de ces institutions. Klonk (2009) examine comment les espaces d'exposition ont changé dans les galeries d'art européennes et américaines du XIXe au XXe siècle. Ces transformations passent par des modifications visuelles des musées : la couleur des murs, la lumière, l'agencement, le nombre d'œuvres accrochées. Tous ces détails montrent comment notre vision a changé au fil du temps. Klonk montre que la science, en particulier les théories de la perception, a joué un rôle majeur dans la justification des nouvelles façons de présenter les œuvres. Elle explique aussi que ces changements sont liés à des enjeux plus larges dans la culture et la société, comme les modes de décoration et l'essor des magasins modernes. En s'appuyant sur l'idée de la vision d'époque, elle avance que le regard que nous portons sur les œuvres exposées dans les musées est influencé par l'époque et la culture. Ainsi, l'histoire des musées devient une façon de comprendre comment notre expérience visuelle a changé, en considérant les musées comme des lieux où l'on vit une expérience sensorielle et culturelle. (Klonk, 2009)

Dès la fin du XIXe siècle, des penseurs américains comme George Brown Goode et John Cotton Dana ont aidé à créer une vision du musée comme un acteur social au service des individus, pas seulement comme un lieu de savoir. Cette idée a influé sur la muséologie américaine, qui se concentre davantage sur la communication, l'inclusion et la représentation des différentes cultures. Les musées sont passés de simples lieux de conservation à des institutions capables de mettre en lumière les problèmes actuels comme l'éthique, la diversité et la décolonisation. Ils sont devenus des lieux de discussion, de participation citoyenne et de remise en question des idées reçues, en donnant la voix aux personnes oubliées. Ce changement demande de revoir la définition même du musée, en tenant compte du patrimoine vivant, du multiculturalisme et de la justice sociale, pour mieux répondre aux aspirations contemporaines (Chung, Leshchenko et Brulon Soares, 2018).

Ainsi, dans ce contexte marqué par l'évolution et la mondialisation, les musées se voient confier un rôle central dans la société. Ils deviennent acteurs dans l'éducation citoyenne, le contexte culturel et la citoyenneté. D'ailleurs, la définition de l'ICOM (International Council of Museums) insiste sur sa mission de conservation, d'éducation et de transmission de la culture du patrimoine. Depuis la Seconde Guerre mondiale, leur contribution sociale n'a cessé d'évoluer, notamment dans le cadre de l'apprentissage tel que promu par l'Union européenne. Ces lieux d'apprentissage informel se transforment en espaces inclusifs où chacun peut s'impliquer dans la vie collective tout en découvrant la richesse des cultures. Le patrimoine y est abordé comme un dialogue permanent, une occasion de s'approprier notre histoire et de comprendre celle des autres. Autrefois perçus comme des temples du savoir ou des établissements scolaires, les musées servent aujourd'hui de passerelles entre le passé et le présent. Véritables lieux de rassemblement ouverts à tous, ils contribuent à former des citoyens éclairés et participent à la construction collective de sens, d'identités partagées et de mémoires communes. (Tesimusei, s.d.)

Haidy Geismar parle également de l'évolution des musées, montrant comment ils sont passés de simples lieux de conservation à des espaces où les visiteurs participent. Avant, les musées servaient surtout à conserver, classer et montrer des objets pour contrôler et prouver un certain savoir. Mais depuis le XXe siècle, leur rôle a évolué. Ils sont devenus des espaces politiques, culturels et éducatifs qui participent aux discussions importantes et aux revendications d'identité. Geismar explique que maintenant, les musées doivent répondre aux attentes des gens, comme rendre des objets, faire preuve de justice sociale et représenter toutes les cultures de manière juste. La définition d'un musée se module constamment avec les tensions entre le passé colonial, les jeux de pouvoir et les revendications de décolonisation. Aujourd'hui, un musée serait, selon elle, un lieu destiné à discuter, à se souvenir et à penser de manière critique plutôt qu'un endroit où l'on apprend simplement. Cette idée bouscule les questions de qui a le droit de dire ce qui est vrai, à qui appartiennent les choses et comment les musées montrent et créent le savoir. (Geismar, 2018)

D'autres, comme Bellmont, étudient comment l'ICOM (le Conseil International des Musées) a fait évoluer la définition de musée. Selon ses dires, il faut l'adapter pour qu'elle corresponde à notre époque. Depuis 1946, l'ICOM a modifié sa définition plusieurs fois de manière à s'adapter

aux mutations de la société et de la culture. La définition de 2007 évoque la conservation, la recherche, l'éducation et le plaisir. Mais de nouvelles demandes sociales, politiques et morales, telles que l'importance d'inclure tous les publics de faire preuve de justice et de penser à l'environnement et d'impliquer les citoyens, ont remis en question cette idée ancienne.

En 2019, une nouvelle définition plus engagée a été proposée, mais elle a été rejetée car jugée trop vague et idéologique, omettant des sujets importants comme les collections, la durée et l'éducation. Depuis, ils ont mis en place une participation des gens pour arriver à une définition que tout le monde accepte, qui devait être votée à Prague en 2022. L'auteure pense qu'il faut une définition précise et stable, mais qui puisse évoluer au fil du temps, pour que les musées gardent leurs valeurs tout en répondant aux défis actuels de diversité, d'accès pour tous et de discussion. (Reyes Bellmunt, 2021)

Robinson a également étudié les discussions autour de la façon dont l'ICOM a redéfini le mot « musée » en 2019, après que sa proposition a été largement refusée à Kyoto. Cette affaire montre qu'il existe des désaccords au sein du monde institutionnel quant au rôle des musées aujourd'hui. Alors que la définition proposée insistait sur la justice sociale, l'inclusion et l'engagement, une étude de 269 propositions des membres de l'ICOM montre que les votants préfèrent les idées de la définition précédente. Les contributions privilégient les pensées plus traditionnelles, telles que la conservation, la recherche, la communication et l'éducation, qui constituent les missions principales du musée. L'étude montre aussi que certaines expressions clés de la nouvelle définition, telles que la justice sociale ou la durabilité, sont très rarement mentionnées par les membres. Robinson critique la façon dont l'ICOM a mené la consultation, qu'elle juge peu claire et peu représentative, et pense que la définition future devrait être fondée sur ce que les professionnels du monde des musées veulent vraiment. Le débat soulève des questions importantes : un musée doit-il être un lieu d'action ou se concentrer sur son rôle de conservation et d'éducation ? (Robinson, 2021)

Poulot (2009) s'intéresse également au sujet et il analyse la question liée à la difficulté de définir un musée. Il rappelle d'abord que le mot vient de l'Antiquité, désignant un lieu dédié aux Muses, puis il retrace l'histoire du musée à travers des exemples comme le musée d'Alexandrie,

symbole de la mémoire universelle. Il examine ensuite les définitions officielles, en particulier celle de l'ICOM, dont la version de 1974 demeure importante. Le musée y est décrit comme une institution permanente, à but non lucratif, dédiée à la société et à son développement, chargée de rechercher, conserver, communiquer et exposer les objets qui témoignent de l'humanité.

Il revient sur le rôle important des musées dans les sociétés occidentales. Il remarque que les musées ont beaucoup grandi depuis les années 1970, avec beaucoup d'argent investi, de nouvelles institutions créées, des services plus variés et des pratiques professionnelles transformées. Le musée d'aujourd'hui, loin de l'image triste des années 1950-1960, est un symbole de la culture populaire et du tourisme, attirant autant de monde que les cinémas ou les stades. Ce changement suscite des réactions variées : certains critiquent cette croissance excessive, tandis que d'autres y voient une manière de rendre la culture plus accessible. Le musée est devenu un outil pour créer du lien social, un lieu de mémoire et un endroit où l'on reconnaît les identités et les différences. Cependant, la muséologie elle-même reste diverse, mélangeant les traditions de chaque pays, différentes approches théoriques et de nouvelles exigences de gestion. Le musée reste un lieu mystérieux, à la fois public, vitrine du patrimoine et outil politique, soulevant des questions sur sa définition, ses objectifs et ses pratiques.

Ainsi, plusieurs visions du musée existent à travers les pays (France, États-Unis, Royaume-Uni). Les fonctions classiques du musée (conserver, étudier, exposer) donnent à chaque musée son identité. Loin d'être un élément figé, le musée est un espace en constante évolution où se croisent la mémoire, le savoir, la politique et le spectacle. (Poulot, 2009). Les institutions muséales ont en réalité toujours reflété les préoccupations politiques, sociales, identitaires ou éducatives de leur temps. Elles deviennent des lieux de mémoire, de commémoration, de réconciliation ou de confrontation à des événements difficiles, comme le montrent les musées de l'Holocauste ou de l'Apartheid. De plus, l'arrivée de certains musées, tels que les musées d'ethnographie, des écomusées et des musées de ville, qui cherchent à représenter les cultures populaires et locales, parfois avec l'aide des habitants eux-mêmes, fait bouger les lignes. Le patrimoine culturel immatériel devient un enjeu important dans la muséologie actuelle, remettant en question la place de l'objet face à l'expérience, à l'émotion et au récit. Ce panorama

montre la complexité croissante du rôle des musées, entre conservation, explication, mémoire et engagement civique. (Poulot, 2009)

Le musée devient alors un outil pour justifier le pouvoir politique et diffuser les connaissances. L'institution se diversifie et se spécialise, répondant aux ambitions scientifiques, pédagogiques et nationales. Le musée est aussi marqué par les particularités de chaque pays : en Allemagne, il développe une approche scientifique autour de la culture matérielle ; au Royaume-Uni, il prend une forme plus ouverte et éducative et en France, il s'inscrit dans une tradition centralisée.

D'ailleurs le XXe siècle voit aussi la multiplication des musées locaux, techniques ou de société, ainsi que l'institutionnalisation de la muséologie comme domaine d'étude. Les musées sont capables de s'adapter aux enjeux politiques, sociaux et culturels de chaque époque. Cette institution culturelle est donc une construction historique, à la fois reflet de son temps et actrice de la transformation de notre monde. Contrairement aux modèles britanniques ou allemands, fondés sur une tradition royale ou académique, le musée français est né d'un processus révolutionnaire de confiscation, de redistribution et d'organisation des biens culturels. Cette origine confère au musée une mission politique : diffuser la culture et l'art auprès du peuple, au nom des droits de l'homme. Le rôle de l'État reste central dans le développement des musées, de la monarchie à la République, notamment à travers les expositions officielles, les commandes publiques et l'organisation du domaine artistique. Ainsi, se révèlent des tensions entre l'art officiel et la création indépendante, mais également entre les changements d'expositions et la création de l'École du Louvre et d'institutions telles que la Réunion des musées nationaux.

En France, la politique culturelle s'organise autour du ministère de la Culture, avec Malraux comme figure importante, puis s'étend à la décentralisation et au patrimoine immatériel. La loi de 2002 marque une étape importante en redéfinissant les missions des musées et en reconnaissant leur rôle dans la démocratisation de la culture. Le musée français apparaît ainsi comme un outil politique, un lieu de mémoire collective et un acteur de l'innovation locale et sociale.

La situation actuelle de ces institutions montre de profonds changements qui ont transformé en continu les musées depuis la fin du XXe siècle. On observe une augmentation du nombre de musées dans le monde, souvent par la prise d'initiatives locales, régionales ou privées. Cette croissance s'accompagne d'une diversification des types de musées, où coexistent des institutions patrimoniales, des musées scientifiques, des écomusées, des musées de la mémoire et des musées de société. L'attention accrue portée au public, à l'expérience de visite et à l'interactivité modifie profondément la mission traditionnelle des musées.

Aujourd'hui, l'importance croissante du marketing culturel, des mises en scène spectaculaires et des expositions temporaires pour attirer les visiteurs est manifeste. De plus, ces établissements patrimoniaux s'inscrivent dans des projets de développement local, de revitalisation urbaine et de relations culturelles internationales qui sont au centre des préoccupations. L'apparition de musées-architectures (comme le Guggenheim de Bilbao) illustre cette alliance entre la culture, le tourisme et l'économie. Mais cette transformation n'est pas sans tensions, entre la nécessité d'être rentable, le respect des missions éducatives et le souci de se justifier scientifiquement. Ainsi, le musée contemporain apparaît comme un lieu hybride, entre institution de savoir, espace de loisirs et outil politique. (Poulot, 2009)

La muséologie apparaît comme un domaine d'étude en construction, entre tradition intellectuelle, exigence scientifique, regard critique et intégration de nouvelles technologies. Au siècle actuel, le musée voit son rôle évoluer, passant d'un espace neutre à un espace d'expérience, lieu de savoir, vecteur d'émotion et outil pour justifier la culture. Le musée est à la fois un moyen d'exposer la connaissance, un espace de citoyenneté et un instrument de distinction sociale. Le défi actuel consiste à maintenir sa crédibilité tout en assumant son rôle actif dans la construction de la mémoire, de la citoyenneté et du lien social.

Les musées deviennent aujourd'hui des lieux de mémoire partagée, de réparation symbolique et de réconciliation sociale, en particulier après la période coloniale. Ils deviennent également des espaces de dialogue entre les histoires dominantes et les mémoires oubliées. L'institution du XXIe siècle ne peut plus se contenter d'un passé commun : elle doit travailler à une mémoire partagée, inclusive et critique (MacGregor, 2023) par le biais de la technologie.

Après avoir recontextualisé historiquement et retracé les évolutions majeures du musée à travers ses dimensions sociales, politiques et culturelles, il est désormais nécessaire d’ancrer notre réflexion dans le cadre théorique qui organise notre recherche. Nous entrons ainsi dans le cœur du sujet de cette thèse, en mobilisant les apports des humanités numériques pour comprendre comment les technologies transforment aujourd’hui la médiation, la conservation et l’expérience muséale.

PARTIE II - AXE DE RECHERCHE ET REVUE DE LITTÉRATURE

SECTION 1 : Approche théorique : ancrage des musées dans les GLAM et les LAM

L'arrivée des sciences informatiques en sciences humaines et sociales a et profondément changé la façon dont ces sciences fonctionnaient, tant dans leurs méthodes que dans leurs idées. Le domaine des humanités numériques en constante évolution étudie les liens entre les connaissances sur l'humain et les technologies. Des réflexions poussées sur les musées traditionnels à la création de systèmes immersifs dans les musées, les humanités numériques sont le reflet d'un espace de rencontre où l'on repense les sujets d'étude, les outils et le partage des connaissances. Cette partie de notre recherche vise à aborder les principales mutations dans ce domaine, en trois étapes : (1) Une recontextualisation en sciences de l'information avec un ancrage des musées dans les LAMs et les GLAMs ; (2) Une présentation des humanités numériques afin de comprendre les racines de ce domaine et les enjeux que cela comporte ; (3) Une étude du passage au numérique des musées ; (4) Les modèles numériques créés sur la base des humanités numériques.

Ainsi, nous débuterons notre analyse par la place qu'occupent les musées dans l'univers des savoirs et plus précisément dans l'univers de la culture et du patrimoine LAMs/GLAMs.

1.1. Place du musée au sein des sciences de l'information : le musée, un lieu de savoir les LAMs

La question de l'intégration des musées dans l'ensemble des institutions appelées LAMs (Bibliothèques, Archives, Musées) et plus récemment GLAMs (Galleries, Bibliothèques, Archives, Musées) doit tenir compte des idées fondatrices sur la manière dont nous organisons les connaissances et revenir aux fondements épistémologiques de l'organisation des connaissances (Knowledge Organization, KO). C'est en effet dans ce domaine commun que s'ancrent les logiques de convergence entre les bibliothèques, les archives et les musées, car même si leurs rôles ont été différents au fil du temps (historiquement parlant), ils partagent désormais des outils, des méthodes et des objectifs communs en matière de médiation et d'organisation des connaissances.

Une première idée fondamentale pour comprendre pourquoi les musées peuvent être considérés comme relevant des sciences de l'information nous vient de Suzanne Briet, pionnière des sciences de l'information. Selon elle, « *Un document est une preuve à l'appui d'un fait* ». Elle précise : est un document « *tout indice concret ou symbolique, conservé ou enregistré, aux fins de représenter, de reconstituer ou de prouver un phénomène ou physique ou intellectuel* » (Briet,1951). Elle prend d'ailleurs l'exemple de l'antilope qui fut capturée, cataloguée et exposée dans un musée ou un zoo, qui devient alors un « *document initial* ». L'ensemble des éléments qui découleront à la suite de cette première étape : photos, fiches, analyses, seront considérées comme des « *documents dérivés* ». À travers cette approche, Briet élargit le domaine des documents à tout ce qui est créé par l'homme ou par la nature, à condition que cela ait un sens dans un contexte donné.

Dans cette perspective, Paul Otlet, définit le document par sa fonction et non sa morphologie, dans son *Traité de Documentation* (1934), le document serait alors constitué d'« *un support d'une certaine matière et dimension [...] sur lequel sont portés des signes représentatifs de certaines données intellectuelles* ». Selon Meyriat (1981), tous les objets peuvent être des documents, et il appuie son idée sur deux notions qu'il évoque : la première, de nature matérielle (le support) et la seconde, de nature conceptuelle (l'information). Ainsi, cette pensée l'aide à séparer les documents en deux groupes, non pas selon les choses elles-mêmes, mais selon leur état d'information, toujours lié à un lieu et une date. Meyriat explique que d'un côté, il y a les objets créés dans le but d'être des documents, c'est à dire des items créés dans l'intention qu'ils soient des documents dès le départ et de l'autre, ceux qui le deviennent plus tard, comme un ticket de métro, qui n'est en soi, pas vraiment destiné à être un document d'information : il sert à un but pratique, celui de permettre de voyager. Mais supposons qu'un expert trouve, bien des années plus tard, ce ticket de métro sur lequel une personne a noté une adresse ou un mot, dans ce cas, ce ticket porteur d'information devient un document : il obtient une importance en termes d'informations et d'histoire. Il n'a pas été créé pour cela à la base, mais il est devenu un document par l'information qu'il contient. De ce fait, Meyriat met en avant l'importance de l'écriture comme « *document par intention* ». Il affirme qu'il faut toujours vouloir s'informer pour qu'un document soit vraiment un document, car si personne ne veut recevoir les informations fournies, l'information n'est pas réelle et l'objet n'est pas encore véritablement considéré comme un document ; c'est un document qui n'est pas encore actif et il reste donc un document « *en sommeil* ». Ainsi, ce n'est pas la seule intention du producteur ni la manière dont

il est classé qui fait le document, mais aussi la démarche active de celui qui cherche à s'informer (Meyriat, 1981). Conscient que cette explication pouvait générer des incompréhensions, Meyriat explique que le document intentionnel est seulement celui qui a été créé expressément pour communiquer des informations. Par exemple, lorsqu'un écrivain rédige un livre, ce n'est pas juste le fait d'écrire qui fait de l'œuvre un document ; ce sont les actions de l'écrivain qui, en mettant son livre dans un système pour le partager, finissent par lui octroyer le statut de document. Cela fait donc partie d'un travail d'équipe, qui inclut aussi d'autres personnes comme les éditeurs de livres ou ceux qui les vendent (Meyriat, 2006).

Lara et Ortega (2012) parlent de la manière dont un objet (par exemple une œuvre, un artefact, un texte, une photo) devient un document au sein d'un système d'information (comme un musée, une base de données, une bibliothèque, etc.). Elles expliquent qu'un objet ne devient un document qu'à travers les règles et les pratiques d'un système d'information, lesquelles orientent sa lecture et mettent en avant certains points de vue officiels au détriment d'autres façons de comprendre ou de débattre de son sens.

Cependant, ce point de vue ne dit pas tout sur la manière dont les usagers s'approprient ces objets. La façon dont ils les comprennent et interprètent peut-être influencée et modifiée par les messages véhiculés par les systèmes ou dispositifs documentaires, mais ce n'est pas la seule chose. Il n'y a pas de lien direct entre ce que le système d'information dit d'une chose et la façon dont les gens la perçoivent et la comprennent. C'est en étudiant les différentes formes d'appropriation : façons dont les choses sont utilisées ou inutilisées, que nous pouvons voir, réajuster, et peut-être changer les façons dont sont produits les documents.

En adoptant une approche communicationnelle, Lara et Ortega (2012) mettent en lumière que le document n'est pas juste une chose ou un simple objet, mais il est le résultat d'un lien qui implique : un émetteur (quelqu'un qui envoie), un destinataire (quelqu'un qui reçoit) et un contexte. C'est dans cette action que l'objet devient ou non un document. L'utilisation et l'appropriation de l'information par l'individu viennent renforcer l'idée de document en tant qu'objet. Et même si nous ne pouvons jamais être sûrs que cette utilisation aura lieu, elle est toujours influencée, de façon plus ou moins prononcée, par le message porté par l'outil documentaire. Cela vient à nouveau rejoindre la pensée d'Otlet qui définit l'objet documentaire par la symbolique qu'il représente. Dans cette même perspective, les définitions initiales du

terme « *document* » et du terme « *documentation* » trouvaient déjà racine dans la notion d'information telle qu'elle est comprise aujourd'hui.

L'idée de considérer l'information et la communication dans un même ensemble revient dans les années 1970, en particulier grâce aux travaux du Comité des sciences de l'information et de la communication, soutenu par des personnalités telles que Robert Escarpit, Jean Meyriat et Roland Barthes (Couzinet, 2000). C'est ainsi qu'en France, nous avons commencé à parler de sciences de l'information et de la communication, un nom encore utilisé aujourd'hui, et qui inclut l'information-documentation.

Dans la continuité de cette idée, une nouvelle vision apparaît en étudiant les herbiers comme des documents conçus et réalisés dans l'intention d'informer. Elle introduit l'idée qu'un document ne devient vraiment utile que lorsque quelqu'un l'utilise pour apprendre et acquérir des connaissances. En d'autres termes, le document passe d'un état où il existe sans être utilisé à un état où il est réellement utilisé, peu importe sa forme. Cette vision considère la documentation comme un élément évolutif et propose de relier les documents anciens aux documents numériques d'aujourd'hui (Couzinet, 2015).

Cette idée rejoint les travaux de Michael Buckland (1991) qui expliquent comment les spécialistes des documents du monde anglophone ont réglé le problème d'une définition jugée trop étroite du mot document. Plutôt que de limiter ce terme aux seuls objets textuels inscrits sur des supports spécifiques comme le papier, le papyrus ou la microforme, il propose une vision plus large, incluant tout ce qui peut fournir des informations. Cela veut dire qu'un document peut être plus qu'un simple texte : il peut s'agir de n'importe quel élément qui contient ou présente des informations, peu importe sa forme ou ce qui le compose.

Pour démontrer cette idée, Buckland utilise l'exemple bien connu de Suzanne Briet que nous avons mentionné en amont : celle d'une antilope dans un zoo ou un musée. Quand elle est dans la nature, l'antilope est considérée comme un animal, mais lorsqu'elle est capturée, observée, dans des listes et utilisée pour transmettre des informations (avec des descriptions, des études scientifiques, etc.), elle devient un document. Ce changement montre que ce qui fait qu'un objet est un document ne dépend pas seulement de sa forme, mais de sa place dans un système d'information. Il va encore plus loin dans la réflexion en se demandant s'il existe un mot assez

large pour englober toutes ces formes d'information. Il pense que le mot « *discours* », pris dans son sens le plus large, est le meilleur pour parler de tous les objets ou textes produits pour représenter quelque chose.

À partir de là, il distingue trois sortes d'objets :

- **Les artefacts intentionnels** : créés pour donner un discours ou de l'information, comme un livre ou un article.
- **Les artefacts non intentionnels** : objets fabriqués, sans intention d'information au départ, mais qui deviennent des objets d'étude documentaire après coup.
- **Les objets non fabriqués (non-artefacts)** : comme une antilope, qui peut devenir un document lorsqu'elle est intégrée dans un système de représentation.

Enfin, Buckland souligne que la fonction d'un document peut évoluer au fil du temps. Il prend l'exemple d'un livre, dont le rôle premier est d'être lu, mais qui peut, par évolution, finir par servir à bloquer une porte. Cet exemple nous rappelle que l'utilité d'un objet n'est jamais fixe et que le fait qu'il soit un document dépend toujours de la façon dont on l'utilise et de ce qu'on en comprend.

Ce changement de signification et d'utilisation nous conduit aussi à repenser les œuvres de Paul Otlet, et à examiner sa vision du document dans ses travaux. Dans ses textes et discours, au commencement du XXe siècle jusqu'à leur rassemblement dans le *Traité de documentation*, Otlet propose une idée qui se veut toujours pertinente pour comprendre les choses. Ses travaux contiennent en réalité des idées racines qui préfigurent des aspects du poststructuralisme, une façon de voir les objets et leurs images, ainsi qu'une variété de moyens et de réseaux communiquer. Il considère aussi la documentation comme un lien entre une personne qui apprend et la connaissance accumulée au fil du temps.

Donc, pour bien saisir toute la valeur de cette pensée, il faut continuer à étudier non seulement les idées d'Otlet, mais aussi les manières actuelles (contemporaines) d'appliquer, d'interpréter ou d'opérationnaliser, en tenant compte des changements technologiques, symboliques et conceptuels d'aujourd'hui.

Les musées, tout comme les bibliothèques et les archives, peuvent être considérés comme des systèmes documentaires à part entière, car les objets qu'ils conservent, exposent ou interprètent, peuvent être analysés à travers les mêmes grilles théoriques que les documents textuels ou numériques. Cela repose sur les idées qui changent la manière dont on perçoit le document, en se concentrant non pas sur sa forme, mais sur son rôle pour informer, partager ou faire connaître une information.

Les musées, longtemps considérés comme des lieux marginaux dans le paysage des institutions culturelles, peuvent aujourd'hui être pleinement intégrés à l'ensemble formé par les LAMs et de manière plus contemporaine, les GLAMs (Galleries, Libraries, Archives, Museums). L'idée des LAMs est basée sur le fait que quatre institutions culturelles intègrent des fonctions similaires : organiser, conserver, partager, transmettre et expliquer des connaissances.

En somme, les idées d'Otlet, Briet, Meyriat ou Buckland nous aident à repenser ce qu'est un document. Elles montrent qu'un document n'est pas seulement un texte, une image ou un objet physique, mais qu'il sert à informer dans un système de communication où il est réceptionné et compris par un destinataire, d'une certaine manière et dans une situation donnée.

Ainsi, en prenant appui sur les différentes pensées citées, nous pouvons déduire que les musées détiennent des collections jugées comme des documents, puisque ce sont des items, peu importe leur forme, porteurs d'informations. En effet, les artefacts conservés et exposés représentent des connaissances, des événements passés, des façons de vivre, qu'ils aient été créés pour cela ou non. L'antilope de Briet, l'exemple du ticket de métro qui illustre la pensée de Meyriat ou les objets transformés de Buckland montrent comment les items peuvent devenir des documents lorsqu'ils sont utilisés pour expliquer et transmettre des informations.

Le musée, en tant que lieu d'exposition, de narration, d'interprétation, agit donc comme un système documentaire, au même titre qu'une bibliothèque. Cela justifie l'étude des musées dans le domaine des sciences de l'information et de la communication, afin de comprendre comment les gens utilisent, s'approprient et transforment les objets en documents.

Aujourd'hui, les musées ne sont plus seulement des lieux d'exposition neutres, mais deviennent des endroits où l'on crée et transforme les connaissances et où l'on met à disposition des supports d'information. Lara et Ortega (2022) renforcent cette idée en montrant comment la

pensée de Briet a influencé la façon dont les documents étaient organisés au Brésil, surtout entre 1950 et 1980, grâce à des programmes de formation pour les professionnels travaillant dans le domaine de la documentation et dans les centres d'information scientifiques. Ces contributions internationales montrent à quel point le modèle de Briet est important en théorie et comment il permet d'inclure les musées dans un monde plus vaste des sciences de l'information, aux côtés des bibliothèques et des archives.

La reconnaissance des musées comme lieux de savoir pleinement intégrés au domaine des documents trouve une suite théorique importante dans les travaux d'Ingetraut Dahlberg. Dès 1993, puis en 2006, elle développe une vision globale et précise de la manière dont on organise les connaissances, qu'elle considère comme une discipline scientifique à part entière (Dahlberg, 1993 ; 2006). Pour elle, l'organisation des connaissances ne se limite pas à une simple action technique : elle repose sur des idées construites à partir de caractéristiques essentielles. Ces idées, lorsqu'elles sont mises en relation, permettent de créer des structures cohérentes et reproductibles, qui sont à la base de tous les systèmes de savoir.

Il s'avère que cette vision est très pertinente dans le contexte des musées. Chaque exposition, chaque explication, chaque décor montrent comment des idées choisies sont liées, organisées et expliquées en vue d'objectifs éducatifs. Le musée devient un lieu où l'organisation se réalise, à la fois physiquement et dans nos esprits. Les plans de classification établis dans les différentes institutions culturelles permettent de relier les grands domaines de la connaissance aux pratiques ou aux termes utilisés. Dans les musées le système de classification a pour objectif de hiérarchiser et d'organiser l'ensemble des artefacts contenus dans les collections pour permettre l'obtention d'une vue générale des collections, afin d'en extraire une meilleure compréhension.

De cette manière, il est plus simple de donner une cohérence à un ensemble d'objets, car le système peut montrer ce qui les relie et ce qui les distingue. De plus, la méthode de classification aide à penser les raisons de collecter et rassembler des objets, les préférences de recherche, d'exposition et de diffusion au public. Son but est de rendre les collections d'un même lieu plus solides et plus unies. Le système de classification Info-Muse imaginé par Thérèse Labbé, par exemple, est destiné à organiser et à classer les collections des musées de beaux-arts et d'arts décoratifs, ainsi que des musées d'ethnologie, d'histoire et d'archéologie historique. Cet outil de gestion de l'information est destiné aux institutions muséales canadiennes, qui ont également des thésaurus spécifiques.

Ce système de classification, revisité en 2006 (dans l'optique de mieux répondre aux évolutions connues par les musées canadiens de Montréal), permet ainsi de regrouper les objets d'une collection en fonction de leur utilité d'origine. Il les divise en une hiérarchie où la plus petite unité est le nom de l'objet, l'unité intermédiaire est la sous-catégorie et la plus grande unité est la catégorie. Cette structure permet d'organiser l'information sur l'identification des objets de manière logique et significative. L'utilisation d'un système normalisé de répartition de l'information simplifie la recherche et l'accès aux documents. Pour optimiser les performances du système, des termes normalisés doivent être utilisés pour identifier les objets.

L'utilisation du système de classification donne une meilleure vue d'ensemble des collections, de sorte que les utilisateurs peuvent repérer les similitudes et les différences, les regroupements et les contrastes au sein d'une collection elle-même. En plus d'offrir une meilleure compréhension du contenu des collections, le système de classification favorise la réflexion sur les lignes directrices de collecte, les options de recherche et les moyens idéaux de partage des connaissances acquises.

Voici un tableau qui récapitule l'organisation des connaissances dans le musée des beaux-arts du Québec trouvé sur le site¹ Documenting Your Collections Info-Muse Network Documentation Guide :

<u>Art</u>	
<u>Beaux-Arts</u>	<u>Arts décoratifs</u>
Dessin	Bijou
Fibre/Papier-matière	Bois/Menuiserie d'art
Estampe	Céramique
Installation	Costume
Livre/Album	Design industriel
Multimédia	Émaux
Peinture	Graphisme
Photographie	Ivoire

¹ Tableau adapté du *SMQ – Info-Muse Network Documentation Guide: List of Categories and Sub-Categories*, un guide élaboré par la Société des musées du Québec pour normaliser la documentation et la classification des collections muséales (Société des musées du Québec, s.d., <https://www.musees.qc.ca>).

Sculpture	Jeu/Jouet
Techniques mixtes	Métaux
Vidéo/Film	Métiers divers
	Mobilier
	Mosaïque
	Numismatique
	Orfèvrerie
	<u>Papier peint</u>
	Reliure
	Textile
	Verre
	Vitrail

Les deux subdivisions du sous-groupe « Art », à savoir « Beaux-arts » et « Arts décoratifs », correspondent aux catégories du système de classification Info-Muse.

Les sous-catégories « Beaux-Arts » concernent les différentes disciplines artistiques et les sous-catégories « Arts décoratifs » se réfèrent aux différentes familles ou groupes d'arts appliqués et à leur utilisation dans l'industrie. Cette idée ressemble beaucoup à ce que font les autres institutions qui composent les LAMs, qui cherchent à rassembler et organiser des connaissances et des pratiques autour de références communes.

Dans cette optique, les travaux de Rasmussen et Rydbeck (2022) nous aident à comprendre comment les musées se positionnent aujourd'hui dans les GLAMs. En étudiant ce qui se passe dans les pays scandinaves, les auteurs montrent que les bibliothèques, les archives et les musées se rapprochent par plusieurs points : le passage au numérique, les efforts pour rendre la culture accessible à tous et le désir de mélanger les fonctions et les métiers. Ce rapprochement se fait au niveau des outils (avec des listes numériques communes), de l'organisation (avec des métiers variés), mais aussi des idées, car il encourage une vision ouverte et participative du savoir.

Dans ce contexte, on ne peut plus considérer le musée uniquement comme un lieu de conservation du patrimoine. Il devient un lieu d'échange, d'interprétation et de création de connaissances par la collaboration. Le visiteur est maintenant au centre de l'attention, et l'on cherche à créer une expérience intéressante, engageante et interactive. Le musée rejoint alors la bibliothèque et les archives en tant que lieu d'apprentissage informel, de réflexion citoyenne et de partage culturel. Cette évolution correspond au changement général que l'on observe dans les sciences de l'information, où l'on passe d'une vision centrée sur les objets à une vision centrée sur les usages et les relations.

Cependant, malgré ce rapprochement, certaines différences subsistent. C'est ce que soulignent Fabre et Régimbeau (2013), en étudiant les liens entre les bibliothèques et les musées à travers l'idée de l'espace documentaire. Selon eux, ces deux institutions ont une base commune : la documentation. En se basant sur les travaux d'Otlet et de Briet, ils montrent que les objets présents dans les bibliothèques et les musées n'ont de sens que s'ils sont présentés, mis en scène et organisés de manière à devenir des documents.

Ils font remarquer que la manière de diffuser et de transmettre n'est pas la même. Alors que la bibliothèque offre un endroit calme, sans règle de proximité avec les ouvrages, le musée propose un espace de déambulation, de discussion, où une proximité stricte avec les documents est imposée. Aussi, la bibliothèque laisse plus de liberté pour toucher et regarder les documents. Ces différences montrent ce qui est possible : le fait de proposer deux typologies enrichit les façons d'accéder à la connaissance, en mobilisant la lecture, les images et les parcours. Jean Meyriat pensait des espaces qu'il y avait ceux dont le but est d'octroyer un savoir et ceux qui prennent un sens quand les gens se les approprient. Le musée, comme la bibliothèque, se situe entre ces deux idées, comme un lieu actif de conservation des documents, qui crée du sens.

Cette reconnaissance théorique des musées comme des systèmes de documents complets, faisant partie des bibliothèques, archives et musées, s'officialise sous l'acronyme GLAM (Galleries, Bibliothèques, Archives, Musées). Alors que les LAMs (bibliothèques, archives et musées) mettaient l'accent sur des buts et des rôles semblables concernant la protection et l'organisation des connaissances, les GLAMs vont plus loin en encourageant une collaboration plus forte entre les organisations par le biais du numérique, soutenue par des projets réels de partage des moyens, de mise en valeur du patrimoine et de transmission de la culture.

Ce changement montre une nouvelle façon de penser : on ne réfléchit plus seulement aux types d'organisations, mais à un réseau de connaissances et d'actions communes, pour aider la société. Afin d'étoffer notre réflexion, nous allons nous atteler à étudier le secteur des GLAMs et l'impact qu'il a dans le domaine des sciences de l'information.

1.2. Le Musée un secteur du GLAM

Dans l'idée de Dahlberg (2006), qui insiste sur l'organisation des connaissances avec des classements bien exécutés, mais aussi l'idée de Briet (1951), qui pense que la documentation est une affaire de société et de politique, le projet GLAM devient un projet qui combine les musées, les bibliothèques, les archives et les galeries, non seulement comme des lieux qui crée des savoirs, mais aussi comme des espaces qui les expliquent, les interprète et les fait circuler. Le GLAM met bien en évidence le rôle important des musées dans la société et la science, ainsi que ce qu'ils représentent dans le domaine plus large de l'information.

En définitive, toutes ces visions, que ce soit en théorie, en méthode ou en pratique, arrivent à la même conclusion : les musées ont aujourd'hui une place très importante dans la création, l'organisation et la diffusion des savoirs. Pour Dahlberg, ce sont des lieux où les idées prennent forme et se regroupent au sein de structures faciles à comprendre. Pour Briet, ce sont des espaces où le document est fabriqué, montré et pensé comme une trace. Pour Rasmussen et Rydbeck (2022), ce sont des lieux qui favorisent la démocratie. Pour Fabre et Régimbeau (ref), ce sont des espaces qui ont du sens. Et pour l'Université de Pretoria, ce sont des partenaires importants qui créent un ensemble d'informations ouvert, qui inclut le mélange des disciplines. D'ailleurs, l'un des meilleurs exemples pour illustrer ce que sont les GLAM, c'est le projet initié par l'Université de Pretoria (University of Pretoria, 2021) pendant la pandémie de COVID-19. L'université a souhaité ouvrir les lieux de savoir, en incluant les musées, les bibliothèques et les archives dans une même optique de protéger et d'enseigner. Le musée de l'Université n'est plus seul : il travaille avec la bibliothèque, en co-construisant les expositions des collections spéciales, et en expliquant le patrimoine (africain) et les archives (de l'université et d'architecture). Initié par la directrice du musée de l'Université de Pretoria (UP), le Dr Sian Tiley-Nel, à la suite des effets de la pandémie et de l'impact qui en a résulté sur le secteur des arts, de la culture et du patrimoine dans l'enseignement supérieur, le projet GLAM a vu le jour. Composé d'un collectif de réflexion de plusieurs professionnels issus du musée universitaire,

des archives, des collections spéciales de la bibliothèque, du jardin botanique et de l'architecture, ils ont formé un groupe de travail institutionnel dans le but de promouvoir largement les musées et les collections universitaires. Le GLAM de cette Université a été formé, sous l'impulsion du musée.

Dans ce cas précis, le GLAM est plus qu'une simple attraction touristique nationale et internationale qui contribue à l'économie touristique de l'Afrique du Sud. Il donne accès à des ressources primaires et uniques pour la recherche, l'apprentissage, la formation, l'éducation et la créativité du campus au personnel, aux étudiants et à la communauté de l'Université. Les jardins (qui sont en réalité considérés comme des galeries dans ce contexte), les bibliothèques, les archives et l'Université de Pretoria sont des institutions de mémoire, qui détiennent des connaissances sous la forme de collections primaires précieuses qui, sous une solide conservation, sont entretenues, protégées et conservées.

Dans un paysage post-COVID-19, le GLAM est devenu encore plus pertinent sur le plan social, fournissant la plateforme de travail et de collaboration idéale pour plusieurs initiatives et projets, renforçant les capacités et le soutien à de nombreux niveaux institutionnels. Les arts, les archives, la culture, les musées, les bibliothèques, l'histoire, les paysages naturels et le patrimoine architectural, pour en citer de bons exemples, sont des composantes indispensables de la vie de campus de toute université. Dans ce projet, le GLAM est cohérent et permet un contact étroit ainsi qu'un impact plus profond avec les jardins/galeries universitaires, les bibliothèques, les archives et les musées. Il contribue directement à la mission stratégique en répondant à la diversité, à l'inclusion, à l'accès et aux besoins de la communauté et de la société civile au sens large.

C'est une initiative transdisciplinaire qui sert à l'enrichissement, aux expériences, à l'information et à une diversité de ressources dans un contexte universitaire. Le GLAM se révèle être une plate-forme de communication et de réseautage pour le partage et le développement d'idées, qui fournit des informations fiables et des ressources irremplaçables, distinctes et uniques au sein d'un lieu.

Les GLAMs existent également hors des murs, ils sont promoteurs, défenseurs, acteurs et gardiens des valeurs institutionnelles, à la fois tangibles et intangibles, et servent de refuges en

temps de crise. C'est une communauté connectée de valeurs spécialisées qui préserve l'identité collective et la mémoire des jardins/galeries, bibliothèques, archives et musées passés et présents (GLAM).

Les musées se transforment et deviennent ainsi un espace vivant, bien loin de l'image traditionnelle et symbolique d'un simple lieu de conservation. Cette institution s'affirme comme un véritable carrefour de réflexion et de symboles, où l'on crée de nouvelles manières d'apprendre, de partager et de comprendre notre monde. Son appartenance au GLAM témoigne d'une volonté d'envisager la connaissance dans son ensemble, en transcendant les frontières disciplinaires et en valorisant la diversité de ses formes, de ses supports et de ses usages.

La convergence entre galeries, bibliothèques, archives et musées n'est pas seulement une question d'union ou de collaboration, mais un changement profond et important des objectifs, des moyens et des principes au sein de ces lieux de mémoire. Ces institutions patrimoniales deviennent des « *systèmes d'information intégrés* » (Briet, 1951). Même si cette idée de fusion semble acceptée en théorie, elle reste difficile à mettre en œuvre, surtout pour les musées qui, depuis toujours, sont marginalisés par les bibliothèques et les archives.

Deborah Wythe souligne d'ailleurs que les musées ont traditionnellement privilégié la découverte collective des œuvres, tandis que bibliothèques et archives s'orientaient davantage vers la recherche individuelle. Cette différence historique explique les difficultés rencontrées lors de tentatives de rapprochement. Toutefois, comme le note l'auteure, l'arrivée progressive de professionnels issus des bibliothèques dans les institutions muséales, combinée au développement de projets collaboratifs tels qu'ArtStor², ouvre aujourd'hui la voie à un véritable dialogue entre ces univers autrefois distincts (Wythe, 2007).

Robert VanderBerg explique, en utilisant le modèle de collaboration de l'OCLC³, que le fait de partager des outils techniques et numériques ne signifie pas forcément que les organisations ou les matières s'intègrent ; il prévient contre une fusion juste pour l'apparence, qui pourrait

²JSTOR est une plateforme numérique qui donne accès à des collections d'images et de documents en ligne, issues de musées, d'archives et d'institutions culturelles du monde entier (JSTOR, s.d., <https://www.jstor.org/>).

³ OCLC (Online Computer Library Center) est une coopérative mondiale de bibliothèques qui développe des services et des standards favorisant la mutualisation et l'accès partagé aux ressources documentaires (OCLC, s.d., <https://www.oclc.org/fr>).

affaiblir les missions essentielles, surtout pour les archives, et il insiste sur une collaboration qui respecte les particularités de chacun (VanderBerg, 2012). D'ailleurs, comme le soulignent Waibel et Erway, dans leurs travaux, l'engagement concret sur le terrain et la participation active sont essentiels. Pour qu'une fusion soit véritablement durable et réponde aux attentes des utilisateurs en matière d'accès unifié, il faut non seulement partager les ressources, mais aussi instaurer une relation de confiance et développer des projets porteurs de réels changements. (Waibel et Erway, 2009) Dans cette évolution, un tournant décisif réside dans l'approche "*collections as data*", qui donne aux institutions, surtout les musées, les moyens de publier des données ouvertes, compatibles et réutilisables, et ainsi de s'adapter aux pratiques des humanités numériques. (Candela et al., 2025)

L'essor du numérique modifie profondément notre rapport aux musées. Plutôt que de se substituer à l'expérience physique, le musée virtuel enrichit notre relation aux œuvres en tissant de nouveaux liens entre les collections, les savoirs et les publics. Cette évolution ouvre la voie à des échanges plus féconds et à des apprentissages renouvelés. (Schweibenz, 2019)

Aussi, cette transformation s'accroît avec l'arrivée de l'intelligence artificielle et des réseaux sociaux, qui transforment progressivement les institutions culturelles en véritables espaces collaboratifs. Les visiteurs deviennent acteurs de leur découverte et participent activement à la vie du musée. Cette approche rejoint les recherches récentes sur la médiation culturelle, qui soulignent l'importance d'adapter les dispositifs aux niveaux de formation et aux pratiques des différents publics (Anshari et al., 2023 ; Hajibayova et Latham, 2017). De même, la corrélation entre les mots-clés utilisés par les visiteurs et le classement réalisé par des professionnels montre comment le partage de connaissances peut rendre la médiation plus accessible, tout en nécessitant des règles éthiques et des méthodes claires ; cela correspond à un besoin de justice cognitive qui tient compte des savoirs locaux, féministes ou propres à une communauté (Mai, 2013 ; Turner, 2016 ; 2017). De plus, le fait de rendre les créations des musées accessibles gratuitement, au-delà des publications spécialisées, devient un moyen d'être transparent, de valoriser la recherche et de gagner la confiance du public pour les musées qui font partie intégrante des GLAMs.

Toutefois, cette ouverture entraîne une modification de la façon dont les documents sont organisés : classer les objets avec leurs aspects matériels et symboliques variés, qui ne peuvent pas être normalisés, reste un défi, surtout à une époque où tout doit être compatible (Gill, 2017).

Par conséquent, les systèmes de classement des connaissances doivent non seulement organiser les informations, mais aussi favoriser la compréhension humaine et la médiation culturelle (Zeng, 2008). De manière plus radicale, considérer l'organisation des connaissances comme un acte subjectif et non neutre oblige les musées à reconnaître que leurs choix de classement et d'histoires sont influencés, et à remettre en question les idées traditionnelles sur lesquelles ils reposent (Hjørland, 2008 ; Hjørland, 2016). Cette prudence rejoint la critique d'une uniformisation fondée sur les normes occidentales, qui peut entraîner un « manque de soin dans la documentation », et appelle à une approche muséale en tant qu'espace ouvert, fondé sur le dialogue et sensible aux divers contextes. Le musée devient ainsi un véritable forum où s'articulent, dans un débat éthique permanent, la mémoire collective, les avancées scientifiques et les représentations communes (Tran, 2023 ; Koren, 2023).

Ce changement de rôle est visible lorsque les musées utilisent des systèmes de classification comme le CIDOC-CRM⁴ et la numérisation 3D pour relier les données géométriques et contextuelles dans des environnements durables ; la documentation devient plus complète, compatible et précieuse sur le plan scientifique (Cogima et al., 2019). Parallèlement, les avancées en reconnaissance d'images haute définition et en visualisation 3D guidée par l'attention ouvrent des possibilités pour la conservation, le classement et les présentations personnalisées, tout en soulevant de nouvelles questions sur la sélection et les choix opérés par les systèmes d'algorithmes et leur influence sur notre perception (Yang et al., 2018 ; Chen et al., 2018). De manière plus générale, la collaboration entre différents domaines (interdisciplinarité), essentielle aux musées, en fait des lieux de dialogue entre les disciplines, les publics et les technologies ; associés à cinq compétences clés : la médiation humaine, l'organisation des données, la numérisation, l'archivage et le stockage, ces missions transforment le musée en un créateur d'informations au sein des GLAMs (Darbellay, 2012). Néanmoins, cette démarche exige une vigilance éthique constante : entre les contraintes budgétaires, les impératifs de gestion et la quête d'équité culturelle, particulièrement face à l'héritage colonial, la manière d'être d'un musée doit s'élaborer en concertation avec les communautés concernées et se construire dans la durée (Baujard, 2023 ; Boudjema, 2023). Aujourd'hui, l'intégration du numérique, dans le cas des nouveaux dispositifs de musées immersifs soulève des défis majeurs. Ils nous confrontent à des questions fondamentales :

⁴ Le *CIDOC Conceptual Reference Model (CIDOC CRM)* est un modèle conceptuel de référence, à la fois théorique et pratique, destiné à favoriser l'intégration et l'interopérabilité de l'information dans le domaine du patrimoine culturel (CIDOC, s.d., <https://cidoc-crm.org/>).

comment protéger notre identité numérique, préserver notre vie privée et défendre nos droits culturels ? La lutte contre la triche et la désinformation exige également l'établissement de cadres éthiques solides. Parallèlement, la justice informationnelle nous invite à évaluer les outils numériques à l'aune des valeurs morales telles qu'elles sont réellement vécues par les populations (Labour, et al., 2023).

Au fil du temps, nous réalisons que ces institutions constituent un véritable patrimoine de connaissances, dont la richesse naît de la complémentarité de leurs fonctions et de la préservation des savoirs. Cette vision du rassemblement, déjà esquissée dans le Traité de documentation, laissait entrevoir le musée comme un véritable acteur documentaire aux côtés des bibliothèques et des archives ((Hedstrom et King 2014 ; Otlet, 1934). Dans cette continuité, l'organisation des connaissances se révèle être à la fois une démarche technique et un processus social et culturel : considérer les GLAMs, c'est admettre que les musées représentent des lieux de rencontre privilégiés, capables de générer, structurer et partager des savoirs en phase avec leur époque, tout en entretenant un dialogue permanent avec la matière même des idées (Couzinet et al., 2020).

L'intégration des musées au sein des GLAMs nécessite une profonde transformation des pratiques, des outils et des valeurs. Ces lieux hybrides, à la fois conservatoires, espaces éducatifs, plateformes de médiation et acteurs du numérique, se situent désormais à la croisée des traditions documentaires, des savoirs et des politiques culturelles. À l'instar des bibliothèques et des archives, ils témoignent d'une volonté commune de rendre la connaissance accessible, organisée et partagée. Cette démarche suppose cependant d'envisager le rassemblement non pas comme une simple fusion, mais comme un dialogue critique, transcendant les disciplines et soulevant des questions éthiques fondamentales.

Envisager la place des musées parmi les GLAMs implique ainsi de s'interroger sur les modalités de leur intégration. Il ne s'agit pas d'une simple juxtaposition d'institutions, mais bien d'une véritable rencontre entre des méthodes de travail, des systèmes de valeurs et des visions qui orientent leur action. Cette perspective invite à imaginer des collaborations fécondes où s'opère un enrichissement mutuel des pratiques et des réflexions.

Il faut consentir un véritable effort pour que des professions diverses puissent se comprendre, même lorsque leurs pratiques semblent éloignées. Chaque institution conserve son identité propre tout en contribuant à un objectif commun : valoriser et partager les connaissances.

Le musée, carrefour où se croisent différentes disciplines et méthodes, devient ainsi un espace hybride, ancré dans la matérialité des objets tout en s'ouvrant aux possibilités offertes par le numérique. Cette posture l'invite à repenser ses outils, ses modes de diffusion et son rapport au public, en cultivant une approche plus collaborative, inclusive et réflexive. L'intégration des musées dans l'écosystème des GLAMs ne va donc pas de soi : elle exige de franchir les frontières traditionnelles entre conservation, archivage et médiation, pour créer des lieux de savoirs véritablement partagés où regards et expériences multiples viennent enrichir notre mémoire collective. Cette transformation des LAMs en GLAMs s'est opérée grâce à l'apport décisif du numérique dans les institutions culturelles.

L'évolution des musées au sein des écosystèmes GLAMs révèle une mutation plus profonde, celle de notre société (Vinck, 2016). Loin de se limiter à la mise en réseau des institutions patrimoniales, l'arrivée du numérique a véritablement bouleversé notre société, que ce soit dans la manière de produire de l'information, de la diffuser et de l'exploiter. On observe une nouvelle façon de s'approprier les savoirs directement influencée par l'utilisation de nouveaux outils numériques. En transformant les collections en données interopérables, accessibles et exploitables, le musée a ouvert la porte à de nouvelles approches de recherche et de médiation, fondées sur la collaboration, l'expérimentation et la réutilisation des contenus culturels.

C'est dans ce contexte qu'émergent les humanités numériques, à la croisée des sciences de l'information, des technologies et des disciplines humanistes. Leur apparition marque un tournant significatif : les documents, qu'ils soient textuels, visuels ou matériels, deviennent désormais des données à explorer, à visualiser et à interpréter collectivement. Saisir cette évolution nous aide à comprendre comment les institutions GLAMs contribuent activement aujourd'hui à construire un réseau de connaissances à la fois ouvert, dynamique et interconnecté.

Afin de mieux comprendre l'évolution du musée traditionnel vers le musée numérique immersif, il en va de soi de dresser la genèse des humanités numériques. Comment ont-elles été créées ? Par quels biais ? Par qui ? Dans quel contexte ? Et comment cela a directement influence la création du dispositif de musée immersif ?

Nous allons tenter de lever le voile sur toutes ces interrogations, dans la partie suivante.

1.3. Introduction aux humanités numériques : genèse, fondements et enjeux

Pour bien saisir ce que représente l'entrée des musées dans le monde des GLAMs, nous devons élargir notre vision, il par conséquent nécessaire de replacer cette transformation dans un contexte plus large : celui de l'évolution des sociétés à l'ère du numérique. Car, les grands changements que vivent aujourd'hui les lieux de savoir et de culture sont liés à la révolution des technologies et de l'information qui, depuis des années, change notre façon de voir le savoir, la mémoire, l'espace et ce que l'on vit. Avant de nous concentrer sur la manière dont les musées ont peu à peu utilisé des méthodes et impliqué leurs visiteurs, il faut d'abord nous concentrer sur la manière dont le numérique est devenu un phénomène important dans la société. C'est en comprenant ce bouleversement sociétal que l'on pourra prendre conscience de la manière dont les musées ont adopté des outils technologiques et de la manière dont ils ont dû repenser leur rôle, leur pratique et la place qu'occupent les visiteurs. L'entrée dans l'ère numérique ne se résume pas à une évolution technologique : elle constitue une véritable transformation structurelle des sociétés contemporaines.

Nous observons depuis quelques années l'émergence d'un nouveau domaine de recherche. Ce domaine concerne aussi bien les sciences de l'informatique, que les sciences humaines et sociales. La création des humanités numériques est profondément liée à la mutation numérique de notre société et modifie foncièrement les pratiques de recherche, les transmissions des connaissances et les pratiques muséales. Ainsi, depuis quelques années, on observe un renouvellement des musées, qui interagissent avec leur public.

C'est dans ce contexte que les musées immersifs sont créés et prennent leur place. Nous pouvons les considérer non pas comme une simple nouveauté technologique, mais comme une réponse aux changements des pratiques et des attentes du public. Et pas seulement, puisque les musées immersifs se matérialisent à travers une application concrète et expérimentale des humanités numériques. Leur apparition s'explique par deux phénomènes : d'une part, le passage au numérique des musées et autres lieux de conservation du patrimoine ; d'autre part, le développement des systèmes interactifs, sensoriels et narratifs, favorisés par les moyens de circulation des connaissances. Il est nécessaire de recontextualiser l'évolution qui a permis ces évolutions et par extension, la création du dispositif au cœur de notre recherche.

L'ère du numérique débute avec l'arrivée des premiers ordinateurs dans les années quarante, plus précisément en 1946, avec la création de L'ENIAC (Electrical Numerical Integrator and Calculator), cet ordinateur, premier d'une longue série, utilisait des tubes à vide. Fabriqués à l'Université de Pennsylvanie, nous sommes encore loin des ordinateurs tels que nous les connaissons aujourd'hui ; cependant, c'est la première étape informatique de l'Histoire (Guthleben, 2023). Cet outil a marqué le début d'une mutation sociétale et un profond changement pour l'époque, et Clifford A. Pickover nous dit dans son livre *La fabuleuse histoire de l'intelligence artificielle*, 2021 : « Dans *The Philadelphia Inquirer*, on pouvait lire : « Le cerveau mécanique élargit les horizons de l'Homme » ; et *The Cleveland Plain Dealer* allait jusqu'à affirmer : « Les calculateurs font honte aux humains », ajoutant que « une nouvelle ère de la pensée humaine commençait. ».

Cette invention a été développée durant la guerre dans le but d'octroyer une puissance de calcul à l'armée américaine, ce nouvel outil a permis le déclenchement de nombreuses utilisations et une évolution vers l'informatique telle que nous le connaissons aujourd'hui.

Le scientifique américain Vannevar Bush a imaginé une machine appelée « *Memex* ». Elle permettrait de relier plusieurs informations, comme le fait le Web actuel. Cependant, cette idée, considérée comme trop innovante pour l'époque, n'a jamais pu voir le jour. Elle a cependant joué un rôle puisqu'elle a inspiré les créations futures. En 1957, l'URSS a lancé Spoutnik, le premier satellite en orbite. Cela a créé de l'inquiétude chez les Américains, qui en réponse, ont massivement investi dans la recherche technologique. Ainsi, en 1958, l'ARPA (Advanced Research Projects Agency), a vu le jour et son objectif premier a été d'accélérer l'innovation scientifique, notamment en communication.

Dans un enchaînement d'idées, deux chercheurs (Paul Baran et Donald Davies) ont développé la commutation de paquets, qui consiste à envoyer des informations divisées en morceaux, suivant des flux différents sur un même réseau avant d'être regroupées. Et c'est en 1969 que l'on voit se dessiner le premier réseau informatique appelé ARPANET qui relie les universités américaines : UCLA, Stanford, UC Santa Barbara et l'Université de l'Utah sont connectées. Le premier mot qui devait être envoyé était « LOGIN », mais le système a généré un bug après les deux premières lettres et le premier message envoyé via ce réseau a alors été le mot « LO ».

Ce premier outil a déclenché une suite de réflexions autour du désir de partager des données et de communiquer sur ces données. On voit très vite apparaître la création du premier e-mail qui utilise le symbole @ pour identifier le destinataire. Cette invention est attribuée à Ray Tomlinson en 1971. Deux ans plus tard, L'ARPANET devient le premier réseau d'ordinateurs connectés au niveau international qui permet aux USA de partager des données avec l'Europe. Dans ce même enchaînement d'idées, Vint Cerf et Bob Kahn (1983) créent le protocole TCP/IP⁵, qui permet aux données de fonctionner ensemble et aux ordinateurs du monde entier de communiquer entre eux. Cette invention marque le début d'internet tel que nous le connaissons aujourd'hui. L'année suivante (1984) voit la création du système de noms de domaine (DNS), qui remplace les longues adresses numériques par des noms plus simples à retenir (comme google.com).

Ces progrès et ces développements d'idées ont continué de croître jusqu'à l'explosion d'Internet lancée par Tim Berners-Lee en 1990, chercheur au CERN (Organisation européenne pour la recherche nucléaire) en Suisse, qui crée le World Wide Web (WWW). Cette création a pour but de rendre plus facile le partage d'informations généralisées. L'idée est de proposer des liens sur lesquels on peut cliquer et qui mènent à des textes par hyperliens. Il crée donc un système qui permet d'accéder facilement à des documents. Pour cela, il met en place trois outils importants qui sont : Le langage HTML (Hypertext Markup Language) pour organiser les pages web. Le protocole HTTP (Hypertext Transfer Protocol) pour envoyer les pages. Et les URL (Uniform Resource Locator) pour identifier chaque page web.

Ces changements marquent un tournant significatif dans la société. Les années 90 se dressent comme le berceau de la révolution numérique. Très vite, on voit apparaître le premier navigateur web appelé Mosaic créé par Marc Andreessen (1993). Plus tard, ce navigateur évolue et devient Netscape, ce qui rend l'utilisation d'Internet plus accessible.

Ce n'est qu'en 1994 que le web entre dans les maisons et les commerces. L'année suivante, les entreprises du Web : Amazon, eBay, Yahoo! émergent. Mais c'est en 1998 que Google révolutionne vraiment la recherche en ligne. Les années 2010-2020 vont connaître une évolution très rapide des outils numériques et des technologies. De ce fait, Internet fait

⁵ *Protocol (IP)* est le système d'adressage qui permet l'acheminement des paquets de données sur Internet. Il assure la transmission des informations entre un périphérique source et un périphérique cible et constitue ainsi la base du fonctionnement d'Internet. En revanche, il ne gère ni l'ordre des paquets ni la correction des erreurs, fonctions assurées par d'autres protocoles tels que le *Transmission Control Protocol (TCP)* (Cloudflare, s.d., <https://www.cloudflare.com/>).

aujourd'hui partie intégrante de notre vie quotidienne, et la 5G, l'intelligence artificielle et le Web 3.0 sont en plein développement.

En parallèle, cette évolution numérique signe également son entrée dans l'univers du patrimoine. À l'arrivée d'internet et des ordinateurs, les institutions culturelles tels que les musées prennent les mesures nécessaires pour se lancer et suivre le rythme du numérique. Comme dans toutes les révolutions médiatiques (Debray, 2000), la première étape de la révolution numérique est basée sur l'idée d'un rêve qui ressemble à la nostalgie du passé. En effet, cette révolution était portée par une vision idéaliste et par un rêve d'avenir qui imaginait un meilleur futur. Tout comme les premiers livres continuaient (par extension) la tradition orale, les techniques d'impression reproduisaient celles des manuscrits du Moyen Âge et les techniques du cinéma rappelaient parfois le théâtre d'autrefois, la numérisation des connaissances, souvent héritées des siècles passés, est maîtrisée.

L'imprimé, mis en avant par de nombreuses idées utopiques sur la technologie, privilégie le texte au détriment de l'écriture et du son, ce qui leur confère un rôle secondaire, même si le numérique a réussi à rendre l'information plus accessible et la recherche documentaire plus efficiente. Aujourd'hui, les humanités numériques ne sont pas un domaine simple et uniforme, mais plutôt un regroupement de pratiques, qui partagent une façon nouvelle de créer et de transmettre des connaissances, tout en tenant compte des défis liés à l'ère numérique. Ainsi, l'idée est d'utiliser les nouvelles technologies et de créer des outils numériques pour modifier la manière dont les connaissances sont créées, partagées et rendues accessibles dans différents domaines. Les arts, les sciences humaines et les sciences sociales sont concernés.

L'utilisation de l'informatique dans les sciences humaines et sociales ne se réduit pas à un apport ponctuel. Elle fait partie d'une démarche qui a débuté il y a plus de quarante ans et qui étudie la manière d'utiliser les outils numériques dans les SHS. Les humanités numériques représentent une version avancée de ce questionnement, où les outils numériques ne sont pas juste des outils comme les autres, mais deviennent une partie importante de la science, puisque ce sont les canaux par lesquels nous rassemblons les informations jusqu'au moment où nous les partageons. Ces sciences sont perçues comme une étape finale de cette démarche, qui fait des technologies le centre et le but de toutes leurs actions, des données à la diffusion, en passant par la collecte.

Dans cette nouvelle époque, où les sciences humaines ressentent les effets des technologies numériques, qui se trouvent au cœur du changement (Hayles, 2016 ; 2023), les pratiques courantes comme les bases de données, l'analyse statistique, la publication en ligne, l'écriture collaborative, montrent un nouveau défi pour les disciplines des sciences humaines et sociales. Ainsi, on voit se dresser le besoin d'une cyberinfrastructure, un ensemble de ressources, d'outils et de normes partagées, capables d'organiser et de soutenir la recherche numérique.

Dans cette même idée, qui cherche à inclure, les humanités numériques doivent régler leur passé de dépendance aux institutions, c'est-à-dire qu'elles ne sont plus juste liées aux institutions telles que l'université, pour venir s'inscrire dans un espace de création et de partage des connaissances beaucoup plus large. Elles ont pour but d'inventer des pratiques adaptées au numérique pour s'ouvrir à des espaces publics nouveaux, comme le web, les blogs ou les bibliothèques numériques et les musées numériques. Dans cette optique, elles cherchent à innover, mais aussi à exceller : elles permettent aux connaissances de s'associer aux expériences pour agir au mieux de la bonne manière, localement et mondialement, en ouvrant le savoir à d'autres personnes (Julien-Saavedra et Citton, 2015).

Le développement numérique de notre monde et l'effet des technologies sur la société nous font forcément penser à la disparition graduelle des supports physiques. L'attrait d'une nouvelle technologie dépend souvent des changements sociaux précédents et de sa capacité à transformer le monde, en créant de nouvelles pratiques, de nouvelles compétences, de nouveaux métiers et de nouvelles organisations (Vinck, 2016). Pour l'instant, rien n'est sûr et tout peut être remis en question, notamment en ce qui concerne ce domaine de recherche, tant au niveau de sa définition que de son existence même (Guichard, 2019) ; ce domaine pose de nombreuses questions : d'une part sur la quantité de références qu'il utilise et, d'autre part, sur la façon dont il les relie. Mais ces questions sont encore plus importantes pour les musées immersifs, qui sont une forme de médiation culturelle et qui proposent une expérience du patrimoine enrichie par les outils numériques. En réalité, cette approche mixte, qui combine les sciences humaines et sociales et l'informatique, et cela remet en question la façon dont le musée conçoit et vit le patrimoine, qui est aujourd'hui réorienté.

Mais alors, que sont réellement les humanités numériques ? Aujourd'hui, on se pose souvent cette question, mais il est rare d'y trouver une réponse satisfaisante. On pourrait même penser

que le simple fait de poser cette question est ce que certains chercheurs considèrent comme le cœur des humanités numériques. Certains penseurs parlent de différentes manières de pratiquer les humanités numériques. Elles sont un domaine qui se développe rapidement et qui, par conséquent, évolue sans cesse. Le risque, lorsque l'on essaie de définir ce domaine, est que toute définition devienne obsolète ou qu'elle limite inutilement le potentiel illimité de cette discipline à se redéfinir et à intégrer de nouveaux domaines d'intérêt et de collaboration.

Aujourd'hui, les musées créent des dispositifs qui découlent directement de ces réflexions. Aussi, ils mettent en avant une nouvelle vision, en se rendant plus interactifs. Ils ne se contentent plus d'exposer des œuvres ou des objets anciens sur des présentoirs, mais se sentent responsables envers la société et se soucient d'une certaine justice sociale, puisque le cœur de leur mission est de protéger la culture et l'information, et de la diffuser.

Ainsi, l'arrivée des humanités numériques change profondément notre perception, notre manière d'étudier et de transmettre le patrimoine culturel. Ce domaine interdisciplinaire utilise des outils informatiques pour explorer des ensembles de données variés, qu'il s'agisse de vieux manuscrits, de bases de données d'images ou de journaux, afin de créer de nouvelles connaissances. Ces pratiques ne sont pas de simples utilisations de la technologie : elles font partie d'un grand changement dans la manière dont nous pensons, qui redéfinit les rôles du chercheur, du public et même de l'institution chargée du patrimoine, jusqu'à façonner les musées numériques du futur. Plus que de simples lieux pour conserver le patrimoine, les musées, avec cette nouvelle approche, aident à créer un savoir ouvert à tous et participent à une réflexion sur l'éthique et la façon de représenter les cultures et les identités.

Les technologies nouvelles offrent des expériences immersives rapides et impressionnantes ici et maintenant (Lescop et al., 2017), mais il faut qu'elles puissent évoluer, car si elles ne le font pas, elles risquent d'être rapidement obsolètes. Elles doivent également être compatibles avec les structures culturelles plus anciennes. Le défi pour le musée est de combiner l'innovation technologique avec la conservation de ses structures culturelles qui durent dans le temps. L'objectif n'est pas de suivre la tendance, mais de voir la numérisation comme une façon repensée de transmettre les connaissances à un public ouvert à tous et de protéger le patrimoine autrement.

Les musées immersifs se trouvent aujourd'hui à un point de rencontre entre deux tendances : d'une part, la transformation numérique des institutions qui s'occupent du patrimoine, regroupées sous le GLAMs (galeries, bibliothèques, archives, musées) ; d'autre part, le développement des humanités numériques qui, bien plus qu'un simple outil technique, modifient la façon dont on crée, transmet et discute les connaissances.

Ainsi, notre travail soutient que les musées immersifs doivent être considérés comme des lieux de savoir ancrés dans le secteur des GLAMs : ce sont des lieux d'échanges et de discussions, de manière visuelle, informatique et sociale, des histoires savantes, des mémoires situées et des expériences sensibles. Pour cela, il faut aller au-delà de l'idée d'innovation et combiner : des modèles de données et de transmission solides ; des façons d'exposer et de simuler les informations ; une façon de participer et d'être attentif qui soit éthique ; des façons de publier qui soient durables ; et surtout, une réflexion critique sur les effets de la médiation sur notre manière de penser, nos mœurs, sur la politique et sur l'esthétique. C'est ainsi que les humanités numériques donnent au musée immersif des idées et des méthodes, mais aussi des devoirs en matière de responsabilité intellectuelle et sociale (Zeng et Gracy, 2022).

Contrairement à une idée de changement radical, plusieurs études montrent que les humanités numériques ont une longue histoire : des tentatives de classer, d'annoter, de publier des analyses, de cartographier (organiser et représenter des informations visuellement pour montrer des relations) et de mettre des données savantes à disposition, ont marqué l'époque moderne et se poursuivent aujourd'hui avec le numérique qui augmente leur ampleur et leur flexibilité. L'attention se porte ainsi moins sur l'aspect technique que sur la manière d'organiser et de faire fonctionner ensemble les connaissances, considérées comme un but à atteindre et non comme un objectif final. Cette continuité se retrouve également dans une tradition d'échanges entre les sciences humaines et les sciences dites exactes : les humanités numériques remettent au goût du jour un échange de méthodes, d'objets et de modèles qui est plus fréquent qu'on ne le pense parfois (Bod et Kursell, 2015).

En même temps, ce domaine est perçu comme un regroupement d'individus partageant les mêmes pratiques, un mouvement disciplinaire et une cause politique puisqu'il associe

l'utilisation d'outils informatiques, l'analyse des infrastructures et une réflexion sur les méthodes utilisées pour enregistrer, suivre et exprimer les idées. Cette triple dimension explique l'importance accordée aux plateformes, aux données accessibles à tous, aux normes, mais aussi à l'autorité, à la légitimité et à l'engagement social des pratiques (Mounier, 2010 ; 2017).

Cependant, certaines voix critiques appellent à la prudence : l'expression « humanités numériques » peut être un terme fourre-tout, regroupant des discours et des financements, ce qui risque d'entraîner un manque de clarté théorique ou un engouement excessif pour la technologie. Ces critiques rappellent qu'il est important de savoir écrire et justifier ses idées, et de ne pas se laisser emporter par la fascination pour les nouveaux outils (Guichard, 2019).

Pour éviter de choisir entre une perte de sens et une rigidité excessive, la théorie de l'agencement propose de considérer les humanités numériques comme un réseau de personnes, de valeurs et d'outils qui oscillent entre la collaboration ouverte et le retour à des structures institutionnelles. L'objectif est de trouver un équilibre entre l'innovation partagée et des critères de qualité et d'éthique communs (Plantin, 2014). De ce point de vue, les humanités numériques sont un domaine de transformation des savoirs, où se rencontrent expérimentations, échanges et modifications des métiers et des compétences scientifiques ; leur intégration dans les études d'information témoigne d'une évolution des programmes et des professions autour de compétences générales et de l'enseignement du numérique (Walsh et al., 2022).

Une idée forte qui ressort de ces discussions est de ne pas laisser l'aspect critique des humanités numériques s'affaiblir au profit des outils, les visualisations, les bases de données et les méthodes d'exploration qui ne doivent pas remplacer l'analyse des conséquences sociales, culturelles et politiques des technologies. Cette exigence est essentielle pour les musées immersifs : la présentation ne doit pas masquer les inégalités, les exclusions et les façons de narrer l'histoire, mais les rendre visibles et permettre d'en discuter, en créant des espaces de participation, de réflexion et d'ouverture à tous (Liu, 2012).

Dans le même ordre d'idées, le lien entre la théorie et la pratique suggéré par une vision réaliste des humanités numériques rappelle aux musées immersifs qu'ils doivent aller au-delà de l'aspect impressionnant pour développer une pratique critique et transformer l'immersion en un moyen de libération, de participation et de discussion sur les conditions de création des connaissances.

Ce changement implique aussi une réflexion sur les droits, les modèles ouverts et la propriété intellectuelle, qui sont au cœur des échanges participatifs et des systèmes économiques de contenus (Magis et Granjon, 2015).

Le Manifeste des Digital Humanities, rédigé à Paris en 2010 et signé par plus de 250 chercheurs et dix organisations, propose une explication de base de ce que sont les humanités numériques. Le passage au numérique dans nos sociétés change profondément la façon dont les connaissances sont produites et diffusées. De ce point de vue, les humanités numériques concernent toutes les disciplines des sciences humaines et sociales, des arts et des lettres. Au lieu de s'éloigner de ce que les domaines classiques nous ont appris, elles s'en servent en utilisant leurs idées, leurs compétences et leurs connaissances, tout en y ajoutant les outils, les méthodes et les points de vue propres au numérique. Elles forment ainsi un domaine qui dépasse les disciplines, au carrefour des approches traditionnelles et des outils numériques, offrant de nouvelles façons d'explorer les SHS.

Dans cette même idée, Koraljka Golub et ses collègues (2021), se basant sur la définition du Oxford English Dictionary, décrivent les humanités numériques comme un domaine d'étude qui applique les méthodes informatiques aux disciplines traditionnelles telles que la littérature, la philosophie ou l'histoire. Cependant, ces auteurs soulignent les limites de cette définition, qui ne tient pas compte des débats constants sur les contours de ce domaine. Ce dernier se redéfinit sans cesse, montrant que les sciences changent, qu'elles sont flexibles, et fondamentalement liées à plusieurs disciplines.

Toujours selon Golub, ce domaine fait suite à l'informatisation des sciences humaines, dont les premiers essais remontent aux années 1940, notamment grâce aux travaux importants du père Roberto Busa (1980). Ce n'est qu'au début des années 2000 que l'expression « *digital humanities* » s'est imposée, dans le but de mieux montrer comment le domaine a évolué et son aspect actuel (Vanhoutte, 2013 ; Nyhan et Flinn, 2016).

De leur côté, Laïd Bouzidi et Sabrina Boulesnane étudient le développement des humanités numériques en observant l'utilisation des technologies de l'information et de la communication. Pour eux, ce n'est pas juste une question d'avoir accès à ces outils, mais de la manière dont les gens interagissent avec ces technologies (Bouzidi et Boulesnane, 2017). En s'appuyant sur la définition de Perriault (1989), ils observent que l'usage, c'est adopter un outil et l'utiliser de façon stable pour un but précis. Le passage de l'informatique au numérique montre un grand changement : on ne se concentre plus seulement sur les systèmes techniques, mais on analyse

comment les gens les utilisent dans leur vie sociale. Cette vision permet de prendre en compte des aspects tels que le temps, la fréquence d'utilisation ou les lieux d'usage, afin de comprendre comment les pratiques numériques créent les humanités numériques. Ils montrent également que les premiers à utiliser les outils numériques étaient des informaticiens parce qu'ils devaient traiter l'information. Les profanes de l'informatique devaient demander à des techniciens de traduire leurs besoins dans un langage compréhensible par les machines. Cette idée a changé avec l'arrivée des petits ordinateurs et des écrans faciles à utiliser, ce qui a permis à davantage de personnes d'utiliser ces technologies. Mais cette autonomie peut montrer des limites, car dans certains cas il est nécessaire d'avoir une formation pour aller plus loin.

La simplification de l'accès aux outils numériques s'est accompagnée d'une plus grande variété d'outils. L'arrivée de logiciels spécialisés, par exemple pour gérer des bases de données ou créer des sites web, a permis à davantage de personnes d'utiliser les technologies de l'information sans avoir besoin d'être des experts en informatique. Cette adoption progressive crée des « *schémas mentaux* » (Norman, 1987), c'est-à-dire les idées que nous formons et qui nous permettent d'interagir plus aisément avec les systèmes. Cela crée aussi de véritables façons de vivre l'informatique. Selon Drot-Delange et Bruillard (2012), ces façons de vivre ne se limitent pas à apprendre des techniques : elles développent une façon de penser et de critiquer l'information elle-même.

Enfin, Bouzidi et Boulesnane insistent sur le fait que les pratiques numériques sont désormais présentes dans tous les aspects de la vie, que ce soit à la maison ou au travail. Et c'est pour cela qu'on utilise le terme « *culture numérique* », plutôt que « *culture informatique* », pour montrer l'importance des technologies dans notre façon de voir la connaissance, l'information et la communication.

Dans le prolongement de cette réflexion sur les usages numériques et de leur intégration dans notre écosystème social, il est maintenant essentiel de se demander si ces technologies changent les objets eux-mêmes, notamment par le biais de l'édition numérique qui modifie profondément les méthodes habituelles de création, de distribution et d'acquisition des connaissances. L'édition numérique modifie les documents originaux : ce n'est pas juste le passage d'un support physique à l'écran, mais cela change la nature même des objets, leur durée de vie, la manière dont nous les lisons et dont nous les utilisons. Cette transformation remet en question l'idée qu'il existe une source « *originale* » et met en avant des objets qui évoluent, se déclinent en plusieurs versions, sont enrichis et qu'on peut réutiliser. Pour le cas des musées immersifs, penser les objets comme des « *documents actifs* », c'est comme organiser des couches de sens, de temps

et de liens, et s'assurer que les données restent accessibles, compréhensibles et réutilisables (Bertrand et Jacobs, 2011).

Il y a également la notion de documentarisation, qui apparaît dans ce contexte. Le fait de « *documentariser* » veut dire qu'on améliore les choses en ajoutant des données et des façons de les organiser qui permettent de les partager, de les classer et de les réutiliser ; cela demande aussi d'apprendre à utiliser le numérique de façon critique et de montrer comment on peut faire des découvertes surprenantes et suivre des chemins différents, ce qui a toute son importance pour vivre des expériences immersives qui aident à explorer et à créer du sens ensemble (Le Deuff, 2018).

Le fait d'éditorialiser, repose sur le fait de diviser les éléments en petites unités tout en les reliant étroitement entre elles : des listes de mots-clés, des façons de classer les informations (comme CIDOC-CRM⁶), des catégories et des exemples d'utilisation servent à proposer des parcours qu'on peut personnaliser, réutiliser et évaluer. Des projets sur des souvenirs locaux montrent qu'en classant précisément les informations et en racontant une histoire, on peut ouvrir l'informations à différents publics en respectant leur contexte (Broudoux, 2020).

Pour les musées et autres institutions similaires, il est très important de s'appuyer sur des infrastructures solides : des données accessibles à tous, des pratiques de travail transparentes, des échanges d'informations efficaces, des systèmes de nommage durables et des instruments de présentation destinés à rendre les objets perceptibles (API⁷, IIIF⁸, LOD⁹) sont nécessaires pour que les présentations soient de qualité, pérennes dans la durée et faciles d'accès. L'idée de corréler les sciences humaines et les sciences de l'information et l'informatique met l'accent sur l'organisation et la présentation des connaissances dans les musées immersifs. (Zeng et Gracy, 2022 ; Fremery et al., 2023)

Dans une autre perspective, c'est celle de considérer les musées et les autres institutions comme des lieux où l'on pense et réfléchit, autant que comme des lieux de recherche et de création de connaissances partagées, où les technologies ne sont pas seulement des outils, mais des moyens

⁶ Le CIDOC CRM (*Conceptual Reference Model*) est un modèle conceptuel de référence pour l'intégration de l'information dans le domaine du patrimoine culturel. Il permet de relier et d'explorer des données hétérogènes concernant le passé (CIDOC, s.d., <https://cidoc-crm.org/>).

⁷ Une API (*Application Programming Interface*) est une interface logicielle permettant à deux programmes d'échanger des données ou des fonctionnalités (CNIL, s.d., <https://www.cnil.fr>).

⁸ IIIF (*International Image Interoperability Framework*) est une initiative favorisant la manipulation et le partage des images numériques (Ministère de la Culture, s.d., <https://www.culture.gouv.fr>).

⁹ Le Level of Detail (LOD) désigne le niveau de précision géométrique d'une maquette numérique (My Digital Buildings, s.d., <https://www.mydigitalbuildings.com>).

de réfléchir et de communiquer. Imaginer les musées comme des lieux hybrides implique de bien combiner le design, l'ingénierie, les arts et les sciences humaines (Svensson, 2010).

Ainsi, les nouvelles méthodes numériques permettent de découvrir des organisations et des liens que nous n'aurions jamais pu percevoir de prime abord. La visualisation, la création de modèles informatiques et la lecture à distance permettent de comprendre des choses à grande échelle, sans empêcher la lecture attentive ; le défi est de conserver le contexte, l'incertitude et les différentes façons d'interpréter les choses dans des interfaces qui semblent souvent simples. C'est ce contexte que les musées immersifs sont utiles : la visualisation ne remplace pas la lecture, mais l'améliore, elle montre des motifs, des réseaux et des moments qui enrichissent l'expérience esthétique et narrative. (Eve, 2022)

Dans l'histoire de l'art, l'archéologie ou l'histoire, cette idée modifie la recherche et la diffusion des connaissances : les données deviennent une « *matière à expérimenter* », qui peut être utilisée pour raconter l'histoire différemment, créer des modèles 3D et proposer des explorations. Ces pratiques demandent de travailler en collaboration avec des professionnels et des chercheurs de différents domaines, et de repenser le musée comme un lieu d'expérimentation collective (Bonfait et al., 2021).

Si les reconstitutions virtuelles et les modèles 3D reposent sur une étude historique et une archéologie rigoureuse et sérieuse, ils donnent des idées d'interprétation présentées au public ; ils facilitent l'accès, encouragent la participation et invitent à co-crée ensemble des interprétations. Ils ont donc besoin de règles, de preuves, de différentes versions et d'explications des doutes adaptées à la présentation immersive (Frischer, 2011).

Les avatars numériques ne sont ni des copies conformes ni des sosies, ce sont des reconstructions réalisées par des éditeurs et des groupes, faites de choix, de découpages et de mises en scène. Les musées immersifs qui utilisent des morceaux, des voix et des actions liés au patrimoine participent à la remise en contexte narrative et sensorielle du passé et de ces reconstitutions (Paloque-Bergès, 2021). Ainsi, l'histoire narrée à l'oral à l'ère numérique met en avant la responsabilité sociale : la collecte, la conservation et la diffusion exigent de se mettre d'accord sur l'accès, l'éthique et le consentement. Dans un musée, utiliser des voix, des

commentaires et des souvenirs dans l'exposition immersive, rend l'expérience certes plus sensorielle, mais aussi plus critique, tout en demandant de faire attention et de prendre soin des histoires personnelles (Schelotto, 2017).

L'accès au savoir en tant que droit de l'Homme, surtout pour la diversité des langues et des cultures, incite les musées à avoir des idées ouvertes à tous. La réalisation d'inventaires collaboratifs, le développement de moyens de transmission des patrimoines immatériels, le respect des visions propres à chaque culture ainsi que la conception de présentations immersives et sensibles peuvent contribuer à l'élaboration d'une muséographie numérique éthique. (Mustafa El Hadi, 2022)

Dans cette optique, les humanités numériques utilisent de grandes quantités de données et des méthodes d'analyse à distance ; ce changement a des conséquences sur la façon d'acquérir le savoir et de l'enseigner. Il faut apprendre aux chercheurs et au public à utiliser, comprendre et replacer dans leur contexte les résultats venus d'algorithmes (Clavert et al., 2017). Dans le musée immersif, ce changement justifie l'utilisation d'outils permettant d'étudier des ensembles de données (textes, images, sons) avec des explications et des parcours d'apprentissage adaptés.

Dans ce contexte, le numérique est à la fois un outil et un sujet d'étude, il montre des formes hybrides, classe des usages et permet d'analyser les identités et les discours (Moïse, 2021). Au musée, l'environnement immersif devient un lieu où l'on produit des discours et des identités ; il faut y ajouter des moyens d'évaluer, de respecter l'éthique et de réfléchir à la façon dont on utilise les choses. Dans une « *façon de gérer son attention* », la présentation immersive dans un musée doit tenir compte de l'origine des informations. Le but n'est pas d'en mettre partout, mais d'organiser des expériences où l'on peut se promener en étant guidé, où la relation est importante et où l'on cherche à ce que l'expérience marque les esprits. (Citton, s.d.)

L'arrivée de l'intelligence artificielle, vue comme un outil d'apprentissage à partir de grandes quantités de données, change la façon dont on produit, transmet et comprend les savoirs. Les musées immersifs peuvent utiliser des systèmes qui s'adaptent (recommandations, personnalisation, reconnaissance d'objets, agents qui parlent sur place), à condition de penser que l'« *intelligence de l'organisation* » est un mélange savant d'humain et de machine, guidé par des règles éthiques, une volonté de transparence et une idée que l'expérience se crée par l'action : les visiteurs créent leur parcours en agissant. (Alcantara et Lavigne, 2020)

Des craintes concernant l'humain nous rappellent l'importance de chaque personne, les espoirs liés au transhumanisme¹⁰ et les dangers pour notre indépendance et notre liberté, la solution n'est pas d'abandonner les outils, mais d'imaginer une approche numérique de l'humain qui allie des idées d'interprétation, de libération et d'éducation avec des systèmes intelligents et responsables. (Ganascia, 2017)

En termes de connaissances, l'« *utilisation intelligente des outils* » transforme les outils en acteurs clés de la connaissance ; la création de modèles, la simulation et la visualisation modifient la nature de ce que l'on étudie (Soulier, 2014). La façon de présenter les musées en immersion doit donc tenir compte de l'impact technique de ces présentations et montrer clairement ses choix, ses limites et ses idées de départ.

Le passage à l'édition et la transmission numériques en sciences humaines ont révélé la complexité des coûts réels (travail d'édition, relecture, infrastructure, diffusion) et la nécessité d'avoir différentes façons de proposer un accès libre (Calafat et Monnet, 2016). Pour les musées immersifs, la question est similaire : comment financer durablement des systèmes numériques complexes, variés et ouverts, tout en assurant une qualité scientifique, un accès facile et une conservation à long terme ?

Ces questions de durabilité et d'accès rejoignent celles que soulève l'usage du numérique dans les pratiques de recherche et les formes de récit en sciences humaines.

En effet, les historiens sont confrontés à l'utilisation de différents supports : les bases de données, les visualisations interactives et les récits non linéaires nécessitent un équilibre délicat entre une méthode rigoureuse et une manière de raconter innovante (Fridenson, 2016). Les musées immersifs, qui se révèlent être des lieux de publication vivants, sont encouragés à affirmer leur valeur scientifique, même si certains les accusent de vouloir simplement faire du spectacle. D'ailleurs, des projets d'indexation collaborative ou de transcription par les citoyens montrent une recherche améliorée, ils combinent données ouvertes, intelligence collective (brainstorming) et visualisations exploratoires (Fressin, 2021). Les dispositifs immersifs peuvent étendre ces idées en rendant les opérations de traitement consultables et traçables, ils deviennent ainsi des ateliers publics d'histoire, où l'on débat des preuves et des hypothèses.

¹⁰ Le transhumanisme est un courant de pensée selon lequel les capacités physiques et intellectuelles de l'être humain peuvent être accrues grâce aux avancées scientifiques et techniques (Le Robert, s.d., <https://dictionnaire.lerobert.com>).

Au niveau de l'organisation interne, rendre visibles, traçables et modifiables les opérations de transformation des données, change la situation, l'accent n'est plus uniquement mis sur les résultats, mais aussi sur les processus, les choix et les désaccords. Cette transparence dans le déroulement offre un modèle pour des présentations qui montrent les pistes d'exploration, enregistrent les interactions et restituent la diversité des interprétations (Bénel, 2014).

Toutes ces réflexions nous démontrent que les humanités numériques se développent dans une situation paradoxale entre l'interprétation et la formalisation. Plutôt que de choisir, on peut opter pour une « *modélisation variée* » où les modèles conceptuels, formels, informatiques et techniques se complètent (Meunier, 2017 ; 2019). Cela signifie concevoir des systèmes qui associent sensibilité, calcul et mise en scène, et qui reconnaissent que leurs modèles sont incomplets et ouverts. Contrairement aux sciences expérimentales, ce domaine de recherche (HN) privilégie les modèles exploratoires, il recherche des structures de sens plutôt que des règles générales (Huneman, 2024). Il est préférable que la muséographie immersive encourage la navigation interprétative, la réflexion et l'appropriation, plutôt qu'une explication imposée.

Aussi, la mise en forme numérique transforme les éléments : les textes, les images et les objets créés deviennent des données que l'on peut utiliser et réutiliser. Les nouveaux outils aident à donner du sens ; considérer les modèles comme des moyens de chercher et de créer du lien est une approche pragmatique. Dans une exposition immersive, cette vision soutient les systèmes qui permettent aux visiteurs de tester des idées (Meunier, 2017 ; 2019).

Cette introduction aux humanités numériques souligne l'importance des moyens de connaître et des compétences (programmation, statistiques, métadonnées). Dans le monde des musées, la transformation numérique des collections, l'interactivité et la présentation visuelle dynamique vont dans le sens de cette culture qui utilise des outils, tout en restant tournée vers la compréhension et l'appropriation (Burnard, 2012). Par ailleurs, l'ère d'après les médias met en avant l'interactivité comme une relation et pas seulement comme une fonction, les « *groupes interdisciplinaires* » (chercheurs, artistes, ingénieurs) créent un modèle proche de la muséographie immersive : adaptabilité des systèmes, suivi des interactions et enrichissement grâce aux informations sur l'utilisation (Eyries, 2013).

Dans le domaine des humanités numériques, la formation ne consiste pas à rendre numériques des connaissances anciennes, mais à réorganiser les techniques dans un cadre culturel et

social dans l'objectif d'apprendre. Le musée peut devenir un lieu d'apprentissage vivant qui encourage la pensée critique et l'engagement personnel (Morandi, 2017). Le changement d'usage des mots par le numérique, du marquage simple au marquage précis, offre des idées intéressantes pour la scénographie immersive : organisation du sens, navigation personnalisée, versions critiques utilisables ensemble, histoire des connaissances et présentations visuelles de textes dynamiques (Chambat, 2023). Plus largement et en faisant un parallèle avec d'autres institutions culturelles, les archives et les bibliothèques sous l'influence des humanités numériques confirment l'idée de McLuhan selon laquelle les technologies modifient notre perception et l'appropriation des connaissances (Giuliano, 2019). Un musée immersif bien fait est un endroit où l'on peut tester et apprendre, où l'on peut manipuler, relier et construire.

Des premières études de textes assistées par ordinateur à la mise en place par des associations et des réseaux, l'histoire du domaine allie expériences, idées de perfection et bases solides (McCarty et Turner, 2015). Dans le cas du musée immersif, cette idée rappelle deux exigences : lier la critique et l'informatique, et accepter l'importance des institutions pour les moyens mis en place. Les « *façons de s'impliquer* » entre les sciences humaines et les technologies, de l'utilisation pratique à l'intégration dans les institutions, donnent une classification utile pour considérer les musées immersifs comme des outils intellectuels qui intègrent des lieux de recherche, de création et d'amélioration, et pas seulement des présentoirs (Svensson, 2010).

Les écrits historiques insistent enfin sur une science en mouvement, ouverte, collaborative, mise en forme ; ils soulignent l'importance des données bien organisées et de la mise en forme pour créer des connaissances situées, ce qui définit très clairement les responsabilités des organisations GLAM/LAM (Dacos et Mounier, 2014). La diversité des personnes (hommes, femmes, lieux, professions) change l'histoire culturelle. Les présentations visuelles interactives et critiques montrent comment les collections sont constituées, la scénographie immersive peut en faire des expériences personnelles qui replacent les objets et les parcours dans leur contexte (Saint-Raymond, 2021).

Avec toutes ces évolutions, nous parvenons au musée 3.0 qui va au-delà de l'idée d'un simple choix entre une exposition pour experts (musée 1.0) et un échange interactif (musée 2.0), il met l'accent sur une expérience profonde et co-créée, par l'usage de la réalité virtuelle ou augmentée, des mondes en 3D, des détecteurs, des métavers et, maintenant, l'intelligence artificielle. Il est connecté, immersif, profond, ouvert à la participation, ubiquitaire et « *intelligent* » car il étudie son public pour améliorer ses explications. Cette idée demande aussi

de voir se dessiner l'image des musées comme une histoire contée sous différents angles où le visiteur aide à l'écriture (Schnapp, 2011).

Ainsi, l'émergence du musée 3.0 ne constitue pas un phénomène isolé, elle s'inscrit dans la continuité des mutations portées par les humanités numériques, qui redéfinissent la production, la médiation et la réception du savoir. Les humanités numériques renouvellent les sciences sociales en recourant à une « *lecture à distance* », mais seulement si nous préservons le lien avec le contexte, les sources et les périodes (Clavert et Schafer, 2019). Les musées 3.0 (immersifs) deviennent des lieux où l'on s'essaie à de nouvelles façons d'écrire l'histoire, où l'on montre non seulement les conclusions, mais aussi les étapes, les doutes et les débats. Le numérique n'est pas sans effet, il modifie ce que l'on étudie et notre façon d'apprendre. Ainsi, en faisant participer le corps, les sens et l'esprit, le musée immersif montre comment on passe d'une simple réception à une découverte active et collective. Sur le plan conceptuel, l'histoire des humanités numériques, montre que l'hypertexte, les images, les bases de données et l'analyse de textes ne sont pas juste des options, mais de nouvelles façons de travailler pour les chercheurs et professionnels, leur utilisation au musée doit surtout aider à comprendre et à discuter de manière critique (Doueïhi, 2015).

En ce qui concerne l'évaluation des systèmes immersifs, la manière dont les classements réalisés par des individus et par des machines se rejoignent. Comme l'expliquent Casagrande et Vuillon, cela nous aide à juger les expériences immersives en comparant ce que pensent les experts, les algorithmes et les utilisateurs (traces d'utilisation) ce qui nous permet de mieux mesurer l'importance et l'impact émotionnel, tout en montrant comment les choix d'interprétation sont réalisés. C'est-à-dire expliquer comment les données sont traitées (capteurs, avis, historiques), vérifier la fiabilité des résultats et adapter les histoires en conséquence (Casagrande et Vuillon, 2017).

Le fait que notre vision et notre interprétation soient altérées par les outils présentant visuellement les objets culturels, doit inclure une explication constante des choix de création (comment on classe les informations, le niveau de détail, les limites) et considérer l'interface comme un élément important de la transmission, pas juste un moyen (Vanhoutte, 2013). D'ailleurs, Milner pense que les humanités numériques se définissent plus par la façon dont elles transmettent l'information que par les outils utilisés. Ainsi, l'idée est de concevoir des

projets qui mettent en relation les données, les visiteurs et les situations, plutôt que de se concentrer uniquement sur la technique. Ainsi, l'intérêt du système réside dans sa capacité à générer des interprétations partagées, ouvertes à la discussion et propices à la construction collective du sens. (Milner, 2012)

Enfin, Lakel et Le Deuff souhaitent des humanités numériques qui tiennent compte des langues et des cultures. Pour les GLAMs/LAMs, cela signifie créer des expériences immersives adaptées (langues, règles d'accessibilité, gestion partagée des données) et accepter que les différences et les différentes époques peuvent être une source de valeur, et non des erreurs à corriger (Lakel et Le Deuff, 2018).

À savoir, l'objectif de ce domaine est de concevoir des modèles, des outils et des programmes destinés à l'émergence de nouveaux usages, de nouvelles pratiques tout en développant la recherche interdisciplinaire. Il occupe une position centrale dans les réflexions actuelles concernant l'organisation des connaissances, notamment dans les lieux de mémoire et de savoir. Selon Warwick et ses collègues (2012), les réflexions actuelles portent sur l'impact des technologies numériques sur les institutions et sur la culture numérique. En effet, ces questions rejoignent celles de l'organisation des connaissances, notamment lorsqu'il s'agit de réfléchir aux méthodes de production de la recherche, aux dispositifs d'organisation et de diffusion des données (le codage ou les listes de mots contrôlés), ou encore aux façons de publier et de partager les découvertes scientifiques à l'époque de la science ouverte.

Le Manifeste des Digital Humanities en France (2010) souligne que la naissance du domaine résulte de la rencontre et de la collaboration de professionnels et chercheurs (provenant de différents horizons scientifiques) autour d'outils, d'objets ou de méthodes qui servent plusieurs domaines, codage de sources, SIG¹¹, étude des mots, 3D, passage au numérique du patrimoine, recherche de données, etc. Ces pratiques intègrent une multitude de méthodes d'organisations des connaissances qui remettent en question les règles habituelles du classement, de la transmission scientifique ou de la conservation.

Les mutations non-négligeables apportées par les humanités numériques, comme la réalisation de calculs rapides, le traitement du langage (traitement automatique des textes), ou encore la concentration l'informationnelle, font écho aux fondations de l'organisation des connaissances. En effet, comme le souligne David Berry (2011), toutes les disciplines, des sciences naturelles

¹¹ Un système d'information géographique (SIG) est une plateforme intégrée permettant de collecter, de relier et d'analyser des données spatiales issues de sources variées. En offrant une visualisation unifiée de ces informations, il aide à comprendre les relations complexes entre les éléments géographiques et soutient la prise de décision (Esri France, s.d., <https://www.esrifrance.fr>).

aux SHS, ont tendance à manipuler ce qu'elles étudient en utilisant une même idée abstraite d'information. Ainsi, le numérique permet de traiter ces objets comme des informations, ce qui ouvre la voie à leur modélisation, leur organisation et leur classement, ce qui est le principal souci de l'organisation des connaissances. De plus, les méthodes spécifiques aux humanités numériques, comme la représentation visuelle des données, la lecture à distance, le codage de textes ou encore la publication critique numérique, utilisent des règles d'organisation qui relèvent entièrement de l'organisation des connaissances : organisation des ensembles de textes, uniformisation des formats, compatibilité des systèmes, ou encore suivi des étapes de la publication. (Citton, 2015)

Aussi, les humanités numériques, depuis le début, se sont bâties sur des sujets que l'on observe également dans le domaine de l'organisation des connaissances : Comment comprendre les connaissances par l'apport du numérique ? Comment gérer la création et la conservation des savoirs ? Et comment encourager leur accès, leur partage et leur nouvel emploi. L'appellation humanités numériques ou digital humanities montre donc un changement, vu par Claire Clivaz comme un changement d'âge, entre le monde analogique du papier et le monde numérique, changement qui demande une grande modification de la façon d'organiser, de diffuser et de confirmer le savoir.

Lorsque nous réfléchissons aux mutations actuelles de la manière dont nous considérons l'héritage culturel, notamment avec l'apparition de dispositifs tels que les musées immersifs, il faut forcément parler des outils numériques dans le contexte des sciences humaines et sociales, car cela nous aide à comprendre pourquoi ces lieux culturels, qui intègrent de la technologie, se développent autant. À l'arrivée de ces outils numériques, il y avait une envie d'aider à mieux étudier, organiser, transmettre et conserver les connaissances.

Sur cette même idée, les outils numériques servant les sciences humaines se sont peu à peu organisés autour de systèmes informatiques conçus pour conserver, partager et étudier des ensembles de données. Ce n'est pas juste une question de science, c'est aussi une question de politique. À la demande de l'Union Européenne, les institutions publiques, y compris celles qui s'occupent du patrimoine, ont opéré un passage au numérique, ce qui a contribué à accélérer la mise en place officielle de ces outils numériques. Cette demande a engendré la création de formations spécialisées, et un réseau de recherche où se rencontrent la linguistique, l'informatique, la sociologie et, maintenant, la muséologie.

Mais ce domaine ne s'est pas seulement développé grâce aux institutions. Il a aussi profité des différents parcours de professionnels, de chercheurs qui étaient parfois ethnologues, codeurs ou historiens de l'art, et qui ont acquis des compétences variées leur permettant de transformer les questions théoriques des sciences humaines et sociales en outils numériques pratiques. On constate donc également une mutation des métiers et des compétences (Sandri, 2016). Ce besoin de personnes capables de mettre en pratique, qui puissent à la fois réfléchir de manière critique et maîtriser la technique, est aujourd'hui essentiel dans les musées immersifs. Ces musées ont besoin d'équipes avec des compétences variées, où des artistes numériques, des designers, des scénographes et des spécialistes du patrimoine doivent créer des installations qui soient à la fois agréables, interactives et scientifiquement sérieuses.

Les travaux de Berry (2011) soulignent le fait que la métamorphose importante, où l'information devient ce qu'on étudie, touche plusieurs domaines. Cela se juxtapose au sujet des musées immersifs qui consiste à voir la culture comme un ensemble à conserver, mais aussi comme un ensemble d'informations à utiliser, à exposer, à manipuler et à comprendre. De la base de données à l'histoire ressentie, des données et métadonnées aux images immersives, c'est la même façon de penser l'information qui guide les actions.

Dans ce contexte, le musée immersif ne se contente pas de montrer le passé ou d'exposer des objets, il devient un catalyseur capable de faire revivre la mémoire, un lieu où la connaissance est présentée de manière immersive et dynamique. Cela entraîne un passage du musée-institution vers un musée-plateforme, où les informations culturelles ne sont pas seulement montrées, mais utilisées dans des environnements interactifs, parfois personnalisés, souvent collaboratifs. Il n'est pas uniquement question d'esthétique ou d'extra amusant, mais d'une nouvelle façon d'étudier et de transmettre l'information ancrée dans les humanités numériques. Ce dispositif combine des éléments conceptuels (modèles, normes, données), des pratiques (participation, pratiques de travail claires, brainstorming), des compréhensions (diversification des interprétations, recherches exploratoires) et des principes (accès, soin, responsabilité). Ainsi, le lien avec les GLAMs/LAMs n'est pas seulement une question d'organisation, il touche à la manière dont on saisit, interprète et donne sens aux savoirs et à la politique. Les musées immersifs par l'usage de cette approche, deviennent des lieux de partage de connaissances, où les visiteurs découvrent activement des histoires documentées, ouvertes et que l'on peut discuter, en tenant compte du contexte (Dacos et Mounier, 2014). Cependant, cela fait émerger un foisonnement de questions. La première, peut-être et la plus délicate, concerne les formats

3D interopérables entre différents logiciels et qui concernent les objets du patrimoine, les métadonnées qui doivent être également interopérables entre les bases de données... autant de règles qui permettent de partager et de conserver les savoirs, mais qui peuvent aussi rendre moins importantes les particularités culturelles ou les contextes. Se pose aussi la question de l'authenticité : qu'est-ce qu'un original lorsqu'une œuvre, un lieu ou un événement est entièrement remodelé au format numérique ? À cela s'ajoute la fragilité des supports, l'obsolescence des formats et l'archivage pérenne. Enfin, ces changements appellent de nouvelles compétences, qui concentrent plusieurs domaines, compétences que les formations ont parfois du mal à assurer.

Compte tenu de ces observations, les musées immersifs ne sont pas juste une mode passagère en matière d'art ou de technologie, mais plutôt l'une des meilleures façons de montrer les humanités numériques au grand public. Ils ont les mêmes bases de connaissances, la même façon de voir l'information, et le même désir de transformer le savoir en fluidifiant la compréhension. De ce fait, le musée immersif se dresse comme un lieu vivant où les humanités numériques révèlent leurs potentialités comme leurs défis. C'est un espace unique où se croisent la rigueur scientifique, la puissance des récits personnels et l'innovation technologique. Ici, le savoir ne s'apprend pas seulement, il se vit et se ressent, créant une expérience de la connaissance à la fois intellectuelle et sensible.

Nous constatons donc que ces sciences influencent notre vision des connaissances, la mémoire de tous et le patrimoine (art, pratiques vivantes, etc.). Ce grand changement s'observe notamment dans la création de grandes quantités d'informations, comme des textes, des images, des archives et des œuvres d'art, et dans leur analyse à grande échelle par le biais des méthodes créées par ce domaine d'étude. Que ce soit pour écrire ensemble des textes anciens, pour étudier en détail des textes religieux comme les évangiles non officiels (Clivaz), ou pour collecter des données d'enquêtes sociologiques, un même but apparaît : rendre les connaissances accessibles, liées entre elles et réutilisables dans différents contextes, y compris dans des lieux culturels.

Plusieurs exemples permettent de démontrer la solidité des outils numériques créés par le domaine, comme CLARIN ou DARIAH-EU¹², qui permettent de sauvegarder, d'annoter et de partager des ressources sur la langue et la culture. Ces outils, inspirés par des expériences

¹²CLARIN-DARIAH est une initiative européenne conjointe qui vise à soutenir les humanités numériques en offrant un accès partagé à des infrastructures, données et outils pour la recherche en sciences humaines et sociales (CLARIN-DARIAH, s.d., <https://clarin-dariah.eu/>).

novatrices (Jean-Claude Gardin, Susanne Briet), ont pour but de rendre les données compatibles entre elles, durables, ouvertes et collaboratives. Par exemple, le projet Venice Time Machine montre bien ce que peuvent faire les outils. Il propose une reproduction en 3D de la ville de Venise sur mille ans à partir d'archives transformées au format numérique, changeant ainsi une grande quantité de documents en une expérience où l'on peut se déplacer à l'échelle spatio-temporelle.

C'est précisément cette combinaison de grands volumes de données de recherche en groupe et de technologies immersives qui aide aujourd'hui les musées à se développer. Ces lieux culturels ne se contentent plus de montrer des objets, ils les font vivre. Les technologies immersives, de la réalité virtuelle à l'intelligence artificielle, permettent au visiteur de pénétrer dans une œuvre ou un monument mort, d'interagir avec eux et même d'aider à rendre l'interaction plus riche. L'expérience devient à la fois agréable pour les sens, l'éducation et la participation.

Un autre exemple pertinent est celui de l'Ecce Homo de Borja, un exemple connu de « *mauvaise restauration* » qui est maintenant étudiée (Dietschy et al., 2015). La restauration ratée d'une peinture religieuse par une paroissienne a mené à ce que beaucoup ont appelé un « *désastre artistique* », ce qui a créé une très grande réaction sur Internet. Beaucoup de parodies, de reproductions et d'œuvres sur le sujet sont apparues, ce qui a même donné naissance au *Cecilia Prize*, une récompense amusante pour les plus mauvaises réparations réalisées par des amateurs.

Cet exemple montre bien comment les publics participent de plus en plus à la culture : les utilisateurs d'Internet ne regardent plus seulement les œuvres, ils les modifient, les partagent et apportent leur touche. Des initiatives telles que Trove, en Australie, ou Explore Your Archive, au Royaume-Uni, démontrent avec éloquence que la mise en ligne de contenus significatifs ouvre la voie à de véritables formes d'expression collective. Ces plateformes permettent aux communautés de se réapproprier leur patrimoine et de co-crée, une dynamique que les musées de demain intègrent progressivement dans leur approche.

Les musées immersifs utilisent désormais cette force créative du public : non seulement pour reconstituer des œuvres perdues ou abîmées, comme l'autoportrait de Van Gogh récemment endommagé, mais aussi pour expliquer ces œuvres à travers des histoires personnelles ou des parcours interactifs. Ces musées adoptent ainsi les méthodes du web sémantique, de l'indexation

participative et de l'édition électronique, tout en s'appuyant sur des connaissances solides issues des sciences humaines et sociales.

Ce phénomène met en lumière un profond changement dans la manière dont les travaux scientifiques sont publiés et reconnus. Le fait de publier soi-même, la participation des citoyens, l'accès gratuit aux informations et la nouvelle définition du rôle d'auteur (sans nécessairement de récompense financière ni de reconnaissance officielle) remettent en cause les règles habituelles. La création de travaux scientifiques à plusieurs, longtemps réservée aux experts, devient maintenant un processus partagé, où les chercheurs, les personnes intéressées et les institutions travaillent ensemble pour construire une mémoire commune.

Enfin, ce changement se poursuit dans le domaine de l'étude des langues, avec l'apparition du capitalisme lié aux langues et du rôle des programmes informatiques dans la manière dont les textes sont présentés. L'étude des effets des technologies numériques sur les langues (qu'il s'agisse de traduction automatique, de suggestions de mots par des programmes informatiques ou de l'étude du sens des mots par des ordinateurs) complète cette image d'une culture numérique en évolution, où les différences entre experts et débutants, art et données, mémoire et technologie s'estompent peu à peu.

Claire Clivaz (Clivaz, 2015), a notamment travaillé sur l'étude approfondie et la numérisation des évangiles apocryphes à l'Université de Lausanne. Son travail montre l'importance de bien choisir les formats pour enregistrer, stocker et accéder aux informations de base, afin de les transmettre aux scientifiques, mais aussi de les rendre accessibles au grand public. De tels projets montrent l'une des bases des humanités numériques : la création de références pour comprendre les informations, adaptées à la diversité des sources et aux règles de compatibilité entre elles (Le Deuff, 2018).

Dans le même esprit, d'autres travaux sur le projet Transcribe Bentham notamment, montrent comment de grandes quantités de manuscrits peuvent être traitées grâce à la participation du public, en faisant appel à des volontaires pour créer ensemble des connaissances. Cette approche est très similaire à l'essor des musées immersifs, qui intègrent aujourd'hui les visiteurs non plus seulement comme des spectateurs, mais comme des personnes participant activement à l'enrichissement des contenus.

Dans cette optique, le musée devient un lieu d'expérimentation collaborative, comme le projet Explore Your Archive mené par les Archives nationales britanniques, qui invite le public à

interpréter, commenter et valoriser des archives historiques. Ce type d'interaction s'inscrit dans une vision participative du patrimoine, fondée sur une définition s'apparentant à une archive participative, désignant un lieu où des personnes non spécialisées contribuent à la description et à la compréhension des documents.

Ces réflexions s'inscrivent dans une vision plus large de la structuration des connaissances. Jean-Claude Gardin, dès les années 1950, a mis en place un moyen de traiter automatiquement l'information scientifique à l'aide de systèmes de règles précises. Syntol, sa façon de montrer les documents, voulait déjà manipuler des idées compliquées par l'aide des machines, comme les actuelles bases de données du Web sémantique. José Augusto Guimarães explique également que la façon dont Gardin organise les connaissances est très importante pour relier la création et l'utilisation des savoirs (Gnoli, 2020).

Dans les musées immersifs, cette idée est directement mise en œuvre. L'œuvre n'est pas seulement présentée, elle est expliquée, commentée et mise en contexte. L'utilisateur utilise des outils numériques qui permettent d'accéder à des images et des sons, découvre des histoires, des indices et des analyses, et peut parfois même les améliorer. Cette idée rejoint le projet Venice Time Machine de Frédéric Kaplan dont nous avons précédemment parlé, qui reconstitue l'histoire de Venise sur mille ans à partir de documents numérisés, pour une expérience de voyage dans le temps et l'espace presque réelle (Kaplan, 2022). Ce projet montre que les musées immersifs peuvent devenir des outils faciles à utiliser pour explorer de grandes quantités de documents historiques, comme une sorte de Google Earth du passé.

Le fait de pouvoir publier facilement, d'accéder aux données et de participer à l'indexation renforce ce changement. Nous pouvons donner l'exemple de d'autres institutions culturelles, comme la Bibliothèque du Congrès, qui a mis en ligne en 2008 environ 4 600 vieilles photos sur Flickr, ce qui a créé 7 000 commentaires et 67 000 mots-clés en moins d'un an (Library of Congress, 2008). Ces contributions des citoyens permettent d'améliorer les informations sur les données et de montrer la mémoire de tous sous différentes formes.

La façon dont les musées fonctionnent mue, ils deviennent interactifs, variés et plus axés sur l'expérience (Kaplan, 2022), et cela révèle comment les mots, les histoires et les informations sur les données deviennent des sources gérées par des algorithmes (suggestions automatiques,

traduction, reconnaissance des visages et des textes). Cette réalité a un impact direct sur les musées connectés, qui adaptent désormais leurs discours aux différents publics, proposent des histoires personnalisées et offrent même des interactions en langage simple avec les œuvres, par le biais d'assistants vocaux ou d'avatars numériques.

Enfin, cet élan repose sur des systèmes solides. Les écrits sur les systèmes de recherche dans les sciences humaines insistent sur le besoin d'une base technique ouverte, durable, coopérative et compatible. On attend des musées immersifs qu'ils deviennent les points de contact importants de ces systèmes : non plus seulement des lieux d'exposition, mais des lieux publics où l'on crée du savoir. Ils ne sont pas juste une extension impressionnante des humanités numériques : ils en sont le résultat logique. En utilisant les outils de l'organisation des savoirs, les méthodes de participation collective, les systèmes de recherche et les ensembles de textes numériques essentiels, ils proposent une nouvelle façon de transmettre les savoirs. Une façon où l'on ressent le savoir autant qu'on l'apprend, où l'on vit le passé autant qu'on le conserve, et où chacun, expert ou amateur, peut aider à créer le patrimoine commun.

De ce fait, réfléchir aux humanités numériques aujourd'hui, c'est d'abord penser à un système de savoir qui envoie les données vers des expériences publiques marquantes (musées immersifs, expositions virtuelles, outils de réalité étendue) où la recherche devient visite et la visite, recherche. Ce changement s'inscrit dans le tournant numérique qui modifie nos façons d'étudier et nos publics, et dans la « *grande transformation numérique* » qui change les manières de produire et de diffuser les connaissances (Doueihi, 2011). Pour les spécialistes de l'information, l'enjeu n'est donc pas seulement technique : il est lié à la connaissance, à l'éthique et à la façon de présenter les musées.

Au plus près des collections, organiser une institution patrimoniale par centres d'intérêt revient à organiser des ensembles de textes déjà numériques ou transformés en numérique en fonction des utilisations prévues. Des plateformes ouvertes comme Omeka permettent de lier description standardisée, récits de conservation et parcours des visiteurs (Terras et al., 2013). Cette façon de concevoir les bibliothèques pour les expositions alimente directement les musées immersifs dans la façon dont une collection est structurée influence le niveau de détail des scènes 3D, la personnalisation des panneaux d'information améliorés et la façon dont le public circule entre documents, données et outils.

La restitution d'œuvres volées, acquises à l'époque coloniale ou pillées, nécessite l'appui de documents solides (origine, droits, contexte), mais aussi des lieux d'expérience où l'on peut comparer, contredire, commenter et discuter. Les musées immersifs proposent un cadre de justice mémorielle amélioré en rendant visibles les parcours de propriété, les absences et les controverses, en s'appuyant sur des références durables et compatibles (la condition même de la recherche en ligne répartie, coopérative et multidisciplinaire. À cette échelle, certains systèmes jouent un rôle essentiel puisqu'ils garantissent la durabilité, la compatibilité et la sauvegarde des informations qui alimentent finalement les scènes des musées.

Nous en avons parlé précédemment, l'histoire de la restauration de l'Ecce Homo de Borja a montré qu'une action locale peut devenir un grand terrain d'essai mondial pour les appropriations, les détournements et les discussions, ce qui oblige les scientifiques à changer leurs façons d'analyser et leurs critères d'importance (Dietschy et al., 2015). Dans un environnement immersif, cette narration modulable s'incarne par des parcours personnalisés et adaptés à chaque visiteur, où chacun découvre l'œuvre grâce aux commentaires d'experts et aux contributions de personnes ordinaires, afin de rendre le numérique plus humain et d'éviter de recourir simplement à des techniques habituelles.

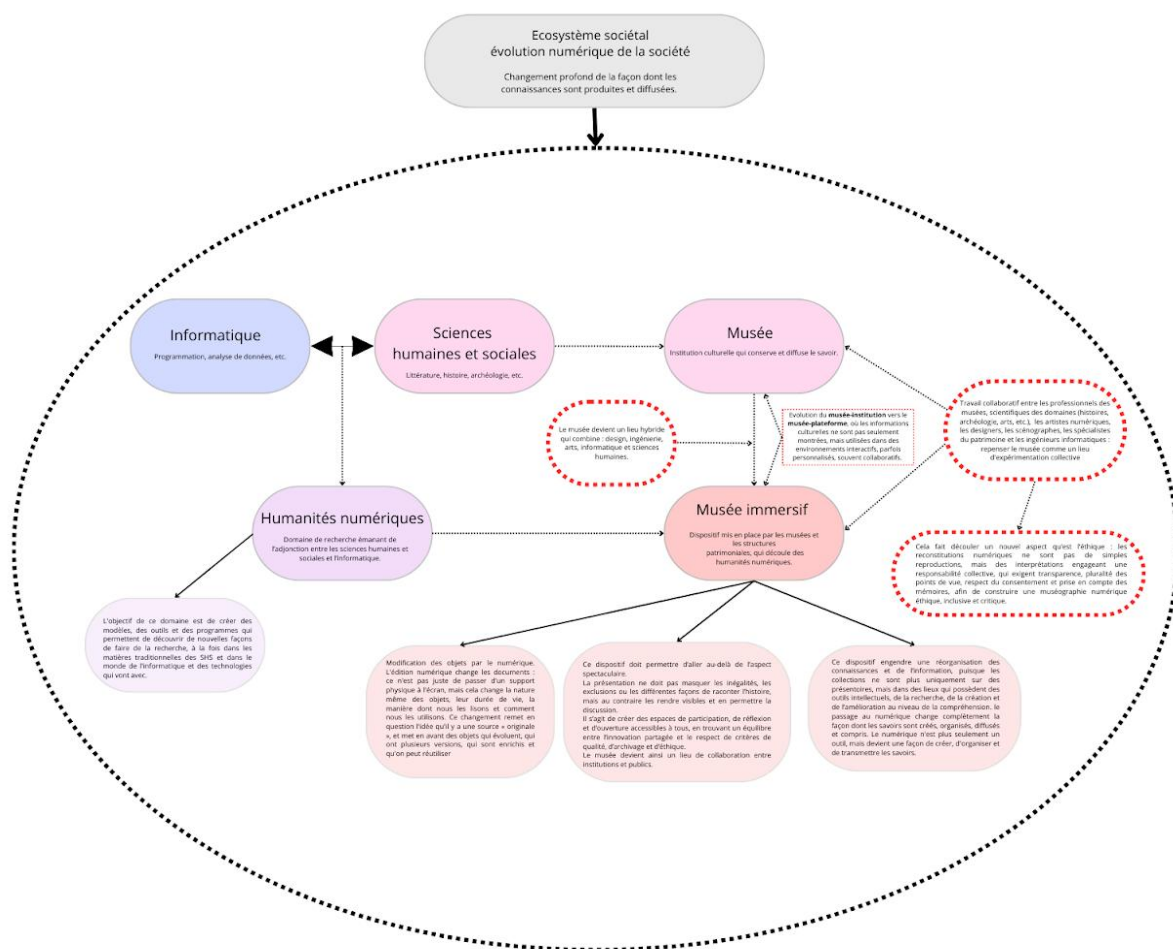
À une échelle intermédiaire, les environnements virtuels de recherche, qui sont des espaces numériques de recherche combinant des archives ou encore des environnements collaboratifs, des wikis, des visualisations et des outils de commentaire, vont au-delà de la simple image de la bibliothèque numérique. Ils constituent l'atelier commun où les chercheurs, les conservateurs, les médiateurs et le public créent ensemble des preuves. C'est ce que montre de façon spectaculaire le projet Venice Time Machine en rassemblant des archives et en les présentant dans une navigation spatio-temporelle de la ville, le projet permet de voir, d'entendre et de discuter de milliers d'années de données, ce qui pourrait servir de modèle pour des musées où l'on vit la recherche (Kaplan, 2022).

Ces changements reposent sur une théorie et une histoire de l'organisation des connaissances. Des codes d'analyse de Gardin au Syntol, des listes de termes et des classements par domaine aux organisations du Web sémantique, le métier consiste à créer des langages documentaires qui facilitent la rencontre entre le document, le système et l'utilisateur (Gnoli, 2020). Pour les musées immersifs, la conséquence est directe car chaque catégorie, relation ou lien peut devenir un élément perceptible, un filtre de parcours, une couche narrative, une vue comparative, et transformer la visite en enquête.

Il reste la question de la place de la science dans la société. Les humanités numériques redéfinissent la communication scientifique : publication continue, science ouverte, diffusion des pré-publications et des données, nouveaux outils informatiques pour l'écriture et la traduction (Kaplan, 2022). Les professionnels de l'information deviennent des concepteurs d'expérience scientifique, capables d'organiser les trois aspects quantitatif, qualitatif et réflexif : améliorer la compréhension des ensembles de données (niveau 1), interpréter avec des outils numériques (niveau 2) et considérer le numérique comme un objet d'étude, avec ses biais, ses mesures et ses aspects économiques (niveau 3) (Warwick et al., 2012).

Enfin, créer des bibliothèques selon les sujets qui intéressent les gens, noter le retour des œuvres d'art, étudier ensemble des événements et organiser des expositions où chacun peut participer ne sont pas des actions séparées, ce sont les quatre aspects d'un seul et même plan : Au centre, des systèmes de recherche accessibles à tous et qui durent dans le temps ; autour, des pratiques, des usages et des règles qui assurent que tout fonctionne à l'unisson ; à l'extérieur, des moyens de présenter. Le numérique transforme le musée en un lieu où l'on peut effectuer de la recherche de manière concrète, et faire des professionnels de l'information les créateurs de cette nouvelle façon de partager le savoir (Mounier, 2010).

Afin de synthétiser au mieux nos propos et d'avoir une visibilité générale sur les liens entre les musées immersifs et les humanités numériques, nous avons créé un schéma visant à expliciter nos réflexions, appuyées sur l'ensemble des informations brassées. Nous avons dressé ce schéma explicatif sous forme d'arborescence. Il montre comment les musées immersifs s'inscrivent dans un ensemble de connaissances plus vaste, qui découle directement des humanités numériques, un domaine où plusieurs matières se rencontrent et où le dispositif prend racine, car ils représentent à la fois le mélange des savoirs et les mutations actuelles de la société.



Nous avons abordé les différentes possibilités qu'offre les humanités numériques en termes d'outils dans les institutions culturelles (collaboration entre institutions, modelage de l'information, transmission évoluée du savoir, etc.). Cela dans le but de recontextualiser les musées immersifs dans les humanités numériques. La partie suivante va nous permettre de nous concentrer sur l'évolution numérique des musées afin de mieux visualiser les mutations qu'elle engendre.

1.4. Musée et patrimoine : vers la transition numérique

L'arrivée d'Internet a influencé presque tous les aspects de la vie, apportant des changements et une transformation jamais connus auparavant. Le domaine du patrimoine culturel numérique, en particulier, a connu une forte croissance au cours des dix dernières années. Les chercheurs ont souligné de nouvelles possibilités d'accéder facilement aux collections des musées et autres institutions culturelles qui s'inscrivent dans les GLAMs et LAMs. Les organismes du

patrimoine culturel sont de plus en plus prêts à collaborer de manière à travailler ensemble et à offrir le meilleur accès possible à leurs collections à l'aide des technologies et d'Internet.

L'accès aux ressources du patrimoine culturel permet aux usagers d'acquérir de nouvelles connaissances. Les institutions telles que les musées, ont sans doute été les premiers à transformer l'information en données numériques, créant ainsi des bases de données en ligne où l'information est accessible presque sur place, par le moyen des serveurs situés dans les locaux. Depuis, le Web permet d'accéder à l'information depuis son ordinateur personnel et augmente significativement le nombre d'utilisateurs. Aujourd'hui, la transformation numérique est un élément essentiel du patrimoine culturel, et sa disponibilité s'améliore constamment grâce aux communautés open source et aux avancées techniques (Cimadomo et al., 2013). Aujourd'hui, les collections muséales sont diffusées au moyen de différentes technologies émergentes, donnant ainsi naissance à de nouvelles formes d'institutions culturelles : les musées numériques.

La transition numérique ne signifie pas simplement ajouter de la technologie aux musées, ni ajouter une couche de communication pour rendre les institutions plus modernes ; elle correspond à un changement dans la façon dont le savoir est créé, produit, diffusé et validé, vers des systèmes répartis, visuels et collaboratifs. L'une des contributions les plus utiles pour comprendre ce changement est la réflexion proposée par Preeti Oza, qui retrace l'évolution historique depuis les années 40, en montrant comment les humanités numériques modifient la façon dont les données culturelles sont produites et, plus encore, la façon dont elles sont transmises : accessibilité, visualisation, collaboration et systèmes d'interprétation collective. Cette dynamique transforme « *l'espace de la recherche* » lui-même en un système de diffusion amélioré (Oza, 2020).

Dans cette optique, le débat soulevé par Matthew Milner change de point de vue : les humanités numériques ne sont pas définies par l'outil, mais par les usages qui remettent en question les relations entre les compétences, la visibilité des professionnels et le public sur les plateformes. Le domaine apparaît varié, avec de nombreuses pratiques reconnues, ce qui en fait un sujet fragile et important pour redéfinir les sciences humaines dans l'espace public (Milner, 2012). Fourmentraux, d'un point de vue théorique, approfondit ce changement en reliant les humanités numériques, les cultures numériques et les tensions entre la production scientifique, la création

artistique et la diffusion culturelle. Le numérique devient un outil symbolique et politique qui modifie les frontières entre les disciplines, les œuvres et les données, les institutions et les réseaux (Fourmentraux, 2017). Les humanités numériques ne seraient alors pas définies par leurs outils, mais par une nouvelle vision de la connaissance, de la publication et de la collaboration, en s'appuyant sur des plateformes ouvertes, des logiciels gratuits et une évaluation partagée ; elles font passer les sciences humaines et sociales vers des pratiques fondées sur l'expérimentation collective.

Plusieurs de nos lectures soutiennent la même idée. Certaines montrent comment le domaine s'organise et les problèmes que cela pose, comme le contraste entre l'innovation technique et la consolidation des disciplines, ou entre l'ouverture à la participation et les règles universitaires, pédagogique, sur la façon dont les métiers de la culture et du patrimoine sont redéfinis (annotation, codage, compatibilité, narration numérique, outils immersifs, conception d'expérience), où l'explication devient une manière active de créer du sens. L'explication n'est plus une simple transmission de connaissances établies ; elle crée du sens en articulant des données, des outils et des publics.

Dans ce contexte, la posture numérique du chercheur préfigure celle que l'on observe aujourd'hui dans les musées : la gestion, le choix, l'interprétation et le contrôle des données deviennent des compétences essentielles, intégrant la recherche et l'explication dans un environnement foisonnant de données. On souligne l'apparition de sources d'informations directement numériques et le début d'une création commune entre les interfaces, les algorithmes et les publics, ce qui annonce directement les outils interactifs des musées.

En ce qui concerne les politiques de recherche et les infrastructures, Dacos et Mounier mentionnent les efforts de la France pour rattraper son retard dans la révolution numérique en créant des infrastructures partagées, une condition indispensable pour des projets de musées collaboratifs et connectés (Dacos et Mounier, 2012). Plus tard, ils approfondiront, sur le plan de la publication, l'analyse des revues en accès libre et des formats numériques pour faire du musée une plateforme de publication ouverte, où la combinaison des formats et la diversité des opinions soutiennent des pratiques ouvertes, collaboratives et compatibles (Dacos et Mounier, 2017). Cette réflexion critique met en lumière la diversité du domaine : la technologie comme outil, objet, champ de recherche, un environnement intellectuel instable mais riche, et un changement de perspective où l'infrastructure influence autant la méthode que le contenu, autant d'éléments qui ouvrent la voie à une muséologie numérique partagée, interdisciplinaire et basée sur l'expérience.

Concernant les formations, l'étude de Walsh et de ses collègues sur les iSchools met en évidence des programmes où les méthodes informatiques s'articulent avec les questions d'interprétation des sciences humaines et sociales. En effet, la variété des offres, la collaboration entre différentes disciplines et l'apparition de nouveaux métiers recentrent la production des connaissances sur des idées hybrides et réfléchies, entre la forme écrite classique et les approches émergentes de justification axées sur l'innovation dans l'enseignement et la technique (Walsh et al., 2022). Le cadre rappelle que cette reconnaissance officielle nécessite de faciliter la compréhension et l'utilisation des textes (de l'écriture à l'informatique) par chacun et de documenter l'infrastructure malgré les difficultés liées à la reconnaissance des connaissances lorsque les formats et les mesures sont standardisés.

Du point de vue professionnel, l'annotation, la capacité à collaborer, la narration numérique, la conception d'expériences et les outils immersifs deviennent des compétences essentielles pour la médiation ; la médiation est alors un travail de collaboration et dépend du contexte. Jourdain défend l'idée de personnes capables de combiner technique, narration et enseignement (Muller, 2016), ce qui est essentiel pour un musée immersif conçu comme un outil de médiation complet. Concernant les institutions patrimoniales qui intègrent le numérique, nous insistons sur la standardisation, la capacité à mobiliser les savoirs et l'organisation des données comme conditions pour assurer la pérennité et faire émerger des présentations interactives ; l'orientation FAIR¹³ des données patrimoniales illustre bien nos propos puisqu'elle propose un programme alliant exposés théoriques, ateliers pratiques et discussions autour de la gestion des données patrimoniales. Ainsi, les personnes qui participent à cette formation sont formées à l'élaboration de plans de gestion de données, à l'usage d'ontologies comme le CIDOC CRM¹⁴, à l'organisation, la structuration et à la diffusion des données archéologiques par le biais d'outils destinés à la gestion de thésaurus, de spatialisation, de visualisation, et à la préservation des données 3D grâce aux ressources développées par le consortium 3DHN¹⁵.

Sur la même lancée, Lopes montre comment le travail de conservation se réinvente par l'usage des plateformes, des médiations améliorées et de l'interactivité, déplaçant l'attention de l'aspect

¹³ *FAIRArPat* est une école thématique proposée par le CNRS, destinée aux acteurs de la recherche en archéologie, en sciences humaines et sociales ainsi que dans le domaine du patrimoine. Elle aborde les enjeux liés à la gestion, à l'interopérabilité et au partage des données selon les principes FAIR : *Findable* (faciles à trouver), *Accessible*, *Interoperable* et *Reusable* (réutilisables) (CNRS, s.d., <https://www.cnrs.fr>).

¹⁴ Le *CIDOC Conceptual Reference Model (CIDOC CRM)* est un modèle conceptuel de référence conçu pour favoriser l'intégration et l'interopérabilité des informations dans le domaine du patrimoine culturel (CIDOC, s.d., <https://cidoc-crm.org/>).

¹⁵ Le Consortium 3D, labellisé par le conseil scientifique d'Huma-Num en 2014, vise à organiser et coordonner l'usage croissant des technologies 3D dans la recherche en sciences humaines et sociales. Il fédère plusieurs équipes autour du partage de méthodes, de l'amélioration de la visibilité nationale et internationale de la recherche française, et de la mutualisation des pratiques pour une intégration durable de la 3D dans les activités scientifiques (MAP – CNRS, s.d., <https://www.map.cnrs.fr/fr/recherche/projets/consortium-3dhn/>).

matériel vers l'expérience et narration personnalisée, et redéfinissant les rôles des institutions en mettant l'accent sur la participation numérique (Lopes, 2020). Nous pouvons également mettre au centre de cette pensée l'origine, l'éthique et la transparence. En effet, les outils numériques deviennent des moyens de raconter des histoires et d'assumer des responsabilités dans une perspective postcoloniale.

Parallèlement, les technologies telles que la réalité virtuelle appliquée à un sujet historique ou artistique, démontrent que la remise en contexte spatiale vient restituer la profondeur historique des œuvres par une organisation spatiale dynamique qui améliore l'interprétation (Tsita et al., 2023 ; Lugonja, 2022 ; Goodwin, 2023 ; Pietroni et Ferdani, 2021). Tsita (2023) développe l'idée que le dispositif immersif permet aux usagers de naviguer librement, d'interagir, de replacer les objets dans leur contexte d'usage ou historique, de reconstituer des environnements passés. De ce point de vue, Lugonja (2022), au regard des expositions en VR (ex : *Mona Lisa : Beyond the Glass, Dreams of Dali*) s'intéresse à la perception de l'espace, à l'immersion, à la capacité de percevoir les émotions d'autrui ainsi qu'aux autres facteurs qui évoluent et facilitent la compréhension des œuvres d'art dans un contexte donné. D'après elle, la réalité virtuelle pourrait aider à comprendre des notions complexes pour les personnes qui ne détiennent pas forcément les connaissances nécessaires, ce qui pousse le visiteur à ne pas juste voir et regarder mais à comprendre et interpréter.

Dans la même veine, Pietroni et Ferdani (2021) démontrent comment la reconstitution et la restauration virtuelle permettent une recontextualisation dans des simulations, ce qui aide à la compréhension des items patrimoniaux, de leur usage et de leur époque. Ainsi, l'utilisation de technologies telles que la RA ou le DT¹⁶ dans des environnements centrés sur l'humain donne lieu à une meilleure ergonomie de compréhension et facilite une médiation dynamique où le musée devient une passerelle entre les visiteurs, les objets et les environnements intelligents (Li et al., 2023). Ou encore, la création d'un système de RA pour présenter le patrimoine culturel d'un pays (en l'occurrence Oman dans cet exemple) qui met au centre la présence du visiteur et de l'objet, une interface qui combine l'accessibilité, la mise en contexte et une visualisation

¹⁶ Digital Twin

enrichie, ainsi, le système est centré sur l'interaction, l'accès, le contexte et la visualisation augmentée (Al-Jabri et al., 2023).

Enfin, Goodwin (2023), s'appuie sur des exemples concrets qui montrent comment les technologies immersives permettent de reconstituer des paysages et des lieux passés à partir d'informations archéologiques, afin de tester et voir comment les visiteurs perçoivent, entendent, se déplacent, et interprètent les sujets. Giannini et Bowen, quant à eux, conçoivent le musée numérique comme un ensemble d'informations : gestion par des algorithmes, capacité des données à collaborer, expérience utilisateur, narration immersive et création conjointe de connaissances à grande échelle (Giannini et Bowen, 2022) qui donnerait lieu à une collaboration visant à mettre en commun les informations dans le but de recontextualiser les sujets.

La numérisation permettrait de rendre visibles et accessibles des contenus et de faire du musée non plus seulement un lieu de conservation, mais une plateforme de création et de médiation active combinant pratiques de conservation, systèmes d'information, visualisation interactive et outils immersifs (Wang et al., 2025). De plus, concernant la narration historique augmentée intégrant des technologies, Lescop et ses collègues mènent une réflexion sur une structure initialement linéaire qui évolue vers une structure interactive, où le visiteur devient un acteur de la création (Lescop et al., 2020).

Dans la même perspective, Chevy-Pébayle montre un changement d'un modèle rigide, vers une approche de partage et de participation, changeant les rôles des professionnels et des visiteurs en utilisant activement les connaissances (Chevy-Pébayle, 2019).

L'outil Naexus (mobile, sensoriel, sur place) illustre sous forme mobile, un partage qui touche les émotions, corrélant la mise en scène et les technologies (Lescop et al., 2017). Cailloux, avec l'application Sésame pour le patrimoine religieux rural, combine la présence physique et le monde virtuel, l'image devient alors un moyen de s'approprier le territoire et l'identité (Cailloux, 2024). Également, Bellin, à partir de l'hyper-œuvre, montre que les images numériques aident à partager : elles mettent en scène, expliquent et interagissent, ouvrant une nouvelle modalité de partage située entre l'art et la science (Bellin, 2024). Vidal aussi voit le musée comme un endroit foisonnant de données en mouvement, partout, où les traces numériques modifient les contenus, la transmission s'y transforme en un processus d'échange et de co-construction reposant sur l'intelligence collective (Vidal, 2019).

Bigot et Mabi posent leur réflexion sur la participation par le jeu (« *Le Trésor d'Avaricum* »), montrant que les jeux rendent les gens plus engagés, qu'ils s'approprient davantage et qu'ils mémorisent mieux, à condition de bien équilibrer spectacle et apprentissage (Bigot et Mabi, 2017). Enfin, Mustafa El Hadi met en avant l'éthique du partage du patrimoine (notamment immatériel), liée au droit d'accès à l'information et à la diversité culturelle et linguistique. Les inventaires participatifs et les outils immersifs peuvent soutenir des histoires communautaires vivantes (Mustafa El Hadi, 2022).

Cette nouvelle forme de partage, qui repose sur l'échange, le ressentir, de réfléchir ensemble et de s'appropriier les connaissances, favorise une connexion plus étroite entre les musées, désormais plus interconnectés, et leur environnement, où les outils numériques n'occupent plus seulement une fonction explicative, mais contribuent à modéliser, observer et transformer la réalité en temps réel. C'est dans cette idée que l'on utilise les copies numériques, qui proposent une approche renouvelée de la prévision et de l'action pour gérer et mettre en valeur ce que l'on a reçu du passé.

Si les humanités numériques offrent un cadre conceptuel riche pour penser les nouvelles formes de médiation culturelle, les musées immersifs y trouvent leur ancrage en utilisant les technologies numériques pour changer l'expérience des visiteurs et la rendre plus interactive, parlante et sensorielle. Afin de bien comprendre de quoi il en retourne et comment ces outils influencent vraiment notre compréhension et vision du musée, nous devons porter notre regard au-delà des effets de surface et approfondir la manière dont la médiation se trouve impactée.

1.5. Transition numérique vers de nouvelles médiations culturelles

Au musée, le numérique modifie profondément la visite. Nous constatons l'émergence de plusieurs tendances : tablettes, écran géant, QR codes, projecteurs, RA, RV, IA, etc. Ces outils ne sont pas uniquement des nouveautés, ce sont eux qui nous invitent à de nouveaux usages.

Cela nous mène à nous interroger sur la manière dont les musées adoptent ces nouveaux outils numériques. Ce qui remodèle leur mission et leur rôle dans un monde en évolution ? On ne se contente plus seulement d'utiliser les technologies, mais on réfléchit à la manière de concevoir

les musées dans un monde où le numérique est un moyen de communication et d'engagement face à une transformation des modes d'apprentissage (Baujard, 2019). Cette mutation numérique modifie nos modes de communication avec le patrimoine culturel et la manière dont on le perçoit. D'ailleurs, la vision que nous avons d'un monument ou artéfact réel diffère de la perception que nous aurons du format numérique : les avatars numériques que nous pouvons trouver sur les sites web des musées, les applications pour smartphones et les technologies immersives, vont de ce fait, influencer l'expérience des visiteurs au musée (Baujard, 2019). L'utilisation du numérique dans un musée offre de nombreuses façons de s'adapter à chacun, mais elle pose aussi un défi pour garantir que l'expérience d'une visite physique au musée reste authentique.

Les nouvelles technologies mobiles et la multiplication des outils, tels que les réseaux sociaux, offrent aux musées de nouvelles stratégies d'engagement des visiteurs envers les collections. Ainsi, ils ne se contentent plus de recevoir passivement des informations, ils veulent maintenant participer, questionner, être traités sur un pied d'égalité et bénéficier du même niveau de service que dans n'importe quel autre lieu de loisirs.

Dans cette optique, les humanités numériques ont permis d'intégrer de nombreux outils comme les tablettes, les QR codes, les projections, le mapping, les casques de réalité virtuelle, la réalité augmentée sur tablette, la réalité mixte et, plus récemment, l'IA. De ce fait, les visiteurs s'attendent à pouvoir toucher et utiliser les items exposés au format numérique, comme si l'objet ou l'artéfact exposé devenait personnel. Ainsi, la technologie immersive serait un bon moyen de faciliter l'apprentissage et l'implication, cela peut aider les visiteurs à créer leurs propres histoires et leur propre. Dans ces nouveaux lieux immersifs, les objets deviennent une source d'idées et de développement personnel. Les multiples modes de narration sont rendus possibles par l'usage des téléphones et des panneaux interactifs, ce qui apporte de nouvelles perspectives de compréhension des objets et des collections. Cette participation à la création d'histoires collectives autour des artefacts peut encourager la réflexion créative et indépendante, tout en créant un lien personnel fort, ce qui peut paraître plus compliqué lorsque le visiteur se situe dans une exposition classique où la passivité est maîtresse (Warwick et al., 2012).

Cette transformation s'articule autour de plusieurs dimensions majeures. On observe notamment la numérisation progressive des collections et leur accessibilité en ligne, le développement de visites immersives, ainsi que l'influence croissante des technologies innovantes sur la mission

principale des musées. Ces institutions repensent ainsi fondamentalement leurs approches pour placer véritablement les visiteurs au cœur de leurs préoccupations (Baujard, 2019). Cette attention aux visiteurs se traduit par une réflexion sur leur rôle à l'ère numérique, afin de répondre aux différentes attentes tout en continuant à préserver et à partager le savoir.

Ces nouveaux modèles de musées numériques qui intègrent le dispositif immersif, deviennent un sujet d'étude pour différentes disciplines, comme la muséologie ou les humanités numériques (Biedermann, 2021). On peut donc s'interroger sur l'importance des effets que les musées immersifs ont sur la diffusion des connaissances, l'accès à la culture, les méthodes d'enseignement, et sur la façon dont ils changent la profondeur de ces éléments, particulièrement face aux problèmes actuels et aux situations de crise. Parallèlement, la façon dont on fait usage du numérique dans les musées ne se limite pas à de nouveaux outils ou à rendre les visites plus impressionnantes, cela change la manière dont on prouve les informations, dont on raconte les histoires, dont on utilise les équipements et dont on apprend, tout en changeant la façon dont on crée et dont on partage les connaissances. Ce dispositif influence les explications relatives à l'artefact conservé et exposé, destinées à la compréhension du visiteur, qui occupe une place centrale. Ainsi, le système sensoriel du visiteur est mobilisé de manière à réceptionner les savoirs portés par les artefacts, les lieux et les témoignages. Cette reconfiguration fait évoluer l'explication d'un simple texte à une expérience numérique vécue (Burdick et al., 2012 ; Péter, 2021 ; Plantin, 2014).

Le passage du musée conservateur au musée immersif marque une mutation dans la manière dont on comprend la culture. Cette transformation ne se limite pas à l'aspect technique, elle bouleverse notre manière même d'appréhender le monde et la manière dont on prend des décisions. Ce musée expérientiel s'inscrit dans la continuité des changements apportés par les humanités numériques et prolonge une série de transformations dans la connaissance, la représentation et l'engagement culturel.

Certains chercheurs proposent de voir les humanités numériques non pas comme une application unique de l'informatique aux sciences humaines, mais plutôt comme une approche renouvelée de la connaissance, où les outils numériques façonnent les objets d'étude, en réorganisant la structure et en modifiant la compréhension. Cette perspective éclaire la conception muséale, les dispositifs immersifs ne se contentent plus de créer une atmosphère,

mais deviennent de véritables agents de transformation dans notre manière d'appréhender les récits et de construire les savoirs. La scénographie dépasse alors sa fonction d'écrin pour devenir un système dynamique, générateur de sens à part entière. Jeffrey Schnapp (2013) insiste sur cette idée : le musée numérique n'est pas un simple ajout de technologie, mais une façon de réorganiser le souvenir, en adoptant des méthodes nouvelles pour présenter et partager les connaissances, en les rendant plus visuelles et en renouvelant notre manière de les formuler. Il appelle à une nouvelle manière de concevoir les musées numériques, où l'exposition devient elle-même une façon de critiquer, de les mettre en scène et de les rendre intéressantes.

Les musées sont ainsi considérés comme des lieux où circulent l'histoire, des images et des données. Cette vision d'ensemble ouvre la voie à des narrations qui ne sont plus linéaires, intégrant de nouvelles perspectives de sens, et des interfaces collaboratives public-institution. Également, Boaventura de Sousa Santos (2016) avance que les musées numériques pourraient aider à réparer des erreurs de compréhension. Cette idée encourage à faire du musée immersif un lieu de partage d'histoires, où les voix oubliées, les récits fragmentés, les souvenirs perdus peuvent être reconstruits dans des décors riches en sens.

Les différentes variantes de technologies de réalité étendue, offrent des possibilités différentes. Par exemple, la réalité augmentée peut aider à l'orientation précise, la réalité virtuelle peut apporter une plus-value à l'apprentissage immersif, et enfin, la réalité mixte apporte de la souplesse et de l'ancrage dans le monde réel. Appliquées aux musées, elles permettent de créer des présentations différentes selon les publics, les objectifs et les contenus, à condition de bien accompagner le changement et de gérer les problèmes (coût, temps de réponse, confort d'utilisation) (Fast-Berglund et al., 2018). Concernant les outils qui intègrent ces technologies, l'étude du champ de vision des casques de type HoloLens a mené à des interfaces spatiales qui organisent les informations dans l'espace et utilisent des gestes, la proximité et la lumière. La présentation immersive dans les musées en tire une leçon : l'interface est une architecture, et la façon de présenter est une jonction pour comprendre. (Hammady et Ma, 2019)

D'autres outils, comme les capteurs mobiles et microdrones, qui améliorent les chemins et les points de vue les meilleurs points de vue en gardant en mémoire les lieux marquants, proposent la possibilité de créer des cartes directement sur place pour les sites historiques difficiles d'accès, tout en permettant d'organiser les visites avec souplesse, y compris dans les salles d'exposition (Witting et al., 2018). La transformation d'images en données numériques qui comportent des réseaux de neurones et qui permettent de concevoir des images en 3D nous donne la possibilité de visualiser les objets en haute définition, l'IA est quant à elle, une

technologie qui aide à comprendre puisqu'elle apporte des informations précises et dans certains cas, s'adapte au visiteur (Wang et al., 2022). Pour ce qui concerne les sensations, les outils tels que les gants haptiques qui permettent de toucher les éléments virtuels, aident à pousser l'immersion dans l'expérience, accompagnés des sons qui proviennent de différents endroits dans la pièce cela crée des paysages sonores, ainsi les visiteurs peuvent se sentir présents et ressentir la mémoire à travers les émotions (Pacchierotti et al., 2017 ; Edler et al., 2019).

Ces changements peuvent tout de même faire l'objet de critiques. En effet, le fait d'utiliser des assistants mobiles dans certains cas (agent conversationnel qui intègre l'IA) pourrait engendrer un manque d'attention chez les visiteurs qui seraient plus concentrés sur leur smartphone. Pour éviter cela, il faudrait garder un contrôle sur le temps passé à visionner l'écran et le temps passé à regarder l'objet réel (Vom Lehn et Heath, 2003). Enfin, le fait de recourir à des images transformées, notamment dans les contextes de réalité augmentée et de réalité virtuelle, génère une nouvelle manière d'interagir avec le patrimoine, où la présence (l'immersion), la mémoire (historique ou collective) et la simulation manœuvrent ensemble. Ce principe s'applique aussi bien à l'échelle personnelle (chez soi) qu'à celle des grands musées (Portalés et al., 2010 ; Anthes et al., 2016).

Toutefois, certains auteurs émettent des doutes quant à l'intérêt des visiteurs, fondé uniquement sur l'immersion. Selon eux, cela ne garantirait pas qu'ils comprennent, se souviennent ou s'approprient les choses. Pour que cela marche, il faut organiser, tester, évaluer et surtout relier les pensées de manière critique. Quaresma et Soares (2022) avancent l'idée qu'il est important de conter des histoires qui sollicitent la participation des individus, que les outils soient faciles d'utilisation, que la navigation soit simple et qu'il y ait plusieurs sensations différentes. Pour eux, la qualité d'une expérience repose davantage sur l'harmonie entre les objectifs pédagogiques et les outils techniques, que sur la seule puissance technologique.

Les recherches menées par Hutson et Olsen (2021, 2022) sur Pompéi et la Rome antique révèlent que la réalité virtuelle, lorsqu'elle est intégrée à des leçons structurées, favorise une meilleure mémorisation des connaissances, renforce la motivation des apprenants et améliore leur compréhension spatiale. Pour les musées, cette approche souligne l'importance d'accompagner l'immersion dans un univers virtuel, il est essentiel de présenter le contexte historique en amont, d'assurer un guidage pendant l'expérience, puis de proposer un retour réflexif ensuite. Fox et ses collègues (2009), parle de vision critique de la réalité virtuelle

éducative, et ils mettent en garde contre les erreurs de pensée, d'émotion et de perception que peuvent causer les environnements simulés. Utiliser les technologies immersives dans les musées doit donc s'accompagner d'une réflexion sur la manière dont les gens les réceptionnent, sur la quantité de sensations, sur l'effet de présence et sur la qualité des interactions. McColl (2020) insiste sur le fait qu'il faut collaborer et co-crée avec le public. Cette approche nécessite un suivi continu, notamment par le biais de tests et d'expériences utilisateurs, d'analyses de l'attention et d'indicateurs mesurant l'engagement réel. Les observateurs font remarquer que les visiteurs adoptent volontiers les dispositifs immersifs lorsqu'ils sont bien conçus. Ils constatent que le public apprécie particulièrement les expériences où il peut s'impliquer activement, dans un cadre intuitif où les objectifs sont évidents et les interactions fluides. L'essentiel est que la technologie reste discrète au service de la compréhension, sans jamais devenir intrusive (Ch'ng et al., 2022).

Enfin, Chrysanthakopoulou et ses collègues (2025) démontrent que la réalité mixte, lorsqu'elle est partagée au sein d'un groupe dans le but d'explorer des lieux inaccessibles, favorise une collaboration plus efficace. Partager un moment immersif crée un lieu de discussion où les visiteurs peuvent s'interroger à plusieurs et construire ensemble une compréhension. En ce qui concerne la réalité augmentée, elle permettrait de faciliter le repérage des informations utiles pour que le visiteur perçoive réellement ce qu'il voit et pour adapter la présentation des informations à l'endroit où il se trouve ; utilisée dans une ville historique, elle relie le passé et le présent, octroyant au musée une façon de s'étendre dans toute la ville (Brusaporci et al., 2019). La vision en réalité augmentée de certaines villes, par exemple, nous rappelle qu'il est important de tenir compte des sentiments et émotions des gens et de les inclure, afin que les éléments présentés puissent être interprétés de multiples manières tout en étant inscrits dans leur contexte. Les musées adoptent désormais une approche où chaque visiteur peut s'approprier librement les contenus.

L'essor des systèmes numériques patrimoniaux à l'échelle internationale nous invite à repenser notre vision des grandes institutions muséales. Plutôt que de simples lieux de transmission où le public reçoit passivement des connaissances, ces espaces deviennent des terrains de collaboration active. On y découvre désormais des environnements où la création se fait collectivement, où les données s'ouvrent au partage et où chacun peut véritablement contribuer à l'enrichissement du patrimoine (Borowiecki et al., 2016). Des exemples importants comme le Museo Egizio, montrent comment les modèles 3D aident à narrer des histoires qui s'adaptent aux visiteurs.

En ce qui concerne la conservation, la numérisation ne sert plus seulement à reproduire, elle a un impact sur la conservation du patrimoine (en choisissant les bons formats, les bons processus, les bonnes informations et les bonnes façons d'y accéder) et change la manière dont les responsabilités sont réparties. Pour créer des environnements de réalité virtuelle efficaces, il ne suffit pas d'avoir une belle image du patrimoine, il faut aussi un parcours interactif, une bonne ergonomie, une navigation facile et la possibilité de personnaliser l'expérience pour que les visiteurs soient intéressés, émus et aient une bonne compréhension. Il est essentiel de tester l'expérience utilisateur dès le début pour s'assurer qu'elle est réussie (Quaresma et Soares, 2022). De Paolis, Arpaia et Bourdot (2023) insistent sur le fait que les réalités étendues dans le contexte patrimonial, reproduisent les objets fidèlement (avec des scans/3D), les replacent dans leur contexte historique et spatial et utilisent des formats standard pour assurer une pérennité, ces différentes réalités nous invitent à créer des expériences qui se concentrent sur les individus et qui sont faciles d'accès. (De Paolis et al., 2021)

Plus largement, les mondes virtuels seraient destinés à l'apprentissage, puisque certains auteurs ont mis en avant une approche pédagogique fondée sur l'expérience, le partage, le scénario, la collaboration et la mise en situation. La façon dont on crée les dispositifs aujourd'hui devrait s'inspirer des leçons et des enseignements. (Warburton, 2009)

Les avatars numériques ou personnages virtuels, peuvent être utilisés sur différentes plateformes aident à créer des interactions sociales, à exprimer son identité et à s'amuser, ce qui rend la visite plus intéressante. Du point de vue de la culture, trois idées liées émergent : Lieu et immersion, lieu et présence, identité et échange ; elles nous aident à comprendre comment l'immersion crée un lien fort avec les sens et les sentiments, comment la présence se produit dans des endroits hors d'atteinte, et comment l'échange par avatar influence et change l'histoire racontée (Hutson, 2024).

Dans les musées, l'avatar numérique peut devenir un intermédiaire qui représente des périodes historiques sous forme de dialogue personnalisé, à condition que l'histoire soit bien conçue. L'association de la réalité augmentée et des copies numériques, pensée pour une industrie axée sur l'humain, propose trois niveaux (virtuel, mixte, cognitif) et suggère des objets qui évoluent en fonction des échanges, des sentiments et de la façon de penser des visiteurs (Yin et al., 2023).

Des lieux de découverte qui s'adaptent, avec des histoires, de l'intelligence artificielle, des commandes vocales et des avatars, montrent que la personnalisation et l'accès pour tous peuvent se rejoindre pour faciliter la compréhension et le ressenti des choses (Karuzaki et al., 2021). L'une des plus grandes promesses du numérique immersif est sa capacité à redonner une voix et une visibilité à des héritages oubliés, effacés ou contestés. À cet effet, le musée immersif peut devenir un lieu de réparation des symboles et représentations, et un lieu d'inclusion hétérogène.

Boaventura de Sousa Santos (2016) invite à une approche de la connaissance qui unifie et relie, afin de lutter contre l'élimination des savoirs non occidentaux ou considérés comme moins importants. Dans cette idée, l'immersion numérique peut être très importante, si elle est utilisée pour raconter des histoires oubliées, des pratiques culturelles marginalisées et des souvenirs situés. Cette idée est reprise par Gillot, Del et Bouet (2020), dans leur projet à Figuig (Maroc), où des outils de cartographie historique, d'archéologie et de visualisation numérique sont utilisés pour établir un dialogue entre les souvenirs de la ville, les traditions locales et les études du patrimoine. Le numérique devient un moyen de comprendre ensemble, et pas seulement un outil d'exposition. De même, d'autres travaux ayant porté sur les récits oraux montrent que la conversion numérique des voix peut transformer les archives en lieux d'écoute où tout le monde participe. Le musée devient alors un lieu où l'on est attentif, où les histoires ne sont pas seulement gardées, mais racontées ensemble avec le public, dans un esprit de reconnaissance et de partage.

Toutes les qualités liées à l'usage des outils numériques soulèvent des enjeux quelque peu problématiques. L'idée de « *nécromancie numérique* » proposée par Donaldson (2022) ouvre la voie à une critique. En abordant la reconstitution virtuelle de personnes décédées, l'auteur se demande quelles sont les limites morales de la simulation. Faut-il « *faire revivre* » des personnages historiques après leur mort sans leur accord ? Comment éviter de montrer la souffrance de manière spectaculaire ou de la transformer en objet ? Tal Morse (2024) prolonge cette idée en soulignant que toute façon de montrer des histoires difficiles doit être négociée, située et accompagnée d'une explication claire. C'est pourquoi Karuzaki et al. (2021) proposent un musée pour tous, avec des avatars conversationnels, de l'intelligence artificielle, des commandes vocales et des histoires qui s'adaptent, pour s'accorder aux mœurs, à la langue ou à la culture des visiteurs. Cette adaptation rend possible une aide plus juste, plus humaine et plus accessible, surtout pour les personnes qui ont été moins prises en compte dans le passé. Ainsi, l'idée de connaître la provenance des objets est très importante dans les débats actuels

sur le patrimoine. Le numérique, en montrant d'où proviennent les objets, en expliquant pourquoi ils sont là et comment ils ont voyagé, aide à prendre conscience des histoires de vol, de troc ou de domination d'un pays sur un autre. Ce suivi des objets est un moyen de transparence, mais aussi de responsabilisation des musées. En somme, le numérique n'est pas sans effet, il peut aider à rendre les choses plus justes, mais seulement si on n'oublie pas l'histoire (les faits historiques), les inégalités et les enjeux politiques liés à la mémoire du patrimoine.

L'expérience au musée, par le dispositif immersif, va plus loin, puisqu'elle ne se contente pas de présenter des objets ni de raconter des histoires. Elle change la façon dont le visiteur se perçoit lui-même, voit le monde et apprend. Dans cette optique, elle contribue à créer de nouvelles façons de penser numériques, où les technologies modifient notre manière de nous identifier. Dans ce sens, elle participe à une fabrique de subjectivités numériques, où les technologies deviennent des agents de transformation identitaire et cognitive.

Hutson (2024) propose trois idées conceptuelles pour penser cette dynamique :

- **Location–Immersion** : la capacité à se projeter dans des lieux inaccessibles
- **Place–Presence** : la reconstitution du sentiment d'ancrage sensoriel
- **Identity–Interactivity** : la construction d'un soi numérique actif et incarné

Ces concepts éclairent la manière dont les visiteurs naviguent dans des expositions virtuelles comme dans des territoires symboliques, où ils sont appelés à s'identifier, à ressentir, à interpréter.

L'étude d'Altundaş et Karaarslan (2023) sur les personnages virtuels dans le monde numérique développe cette idée. La conception d'images personnelles numériques durables, utilisables partout et modifiables, permet de nouvelles formes d'utilisation de la culture par l'image qu'on se fait de soi. Le musée immersif devient alors un lieu où l'utilisateur crée son expérience à partir de ses propres idées. Dans certains tests, les personnages virtuels améliorés servent d'intermédiaires symboliques. Ils ne sont pas seulement des accompagnateurs, mais des figures qui racontent une histoire, capables de comprendre, de parler et même de traduire des sujets délicats en échanges adaptés. La façon de présenter les musées devient alors une conversation réelle entre des personnes différentes et des éléments numériques.

Le lien avec les copies numériques intelligentes, comme l'expliquent Yin et ses collègues (2023), renforce davantage cette idée. Au moyen de l'intelligence artificielle et de l'étude du comportement, les outils immersifs peuvent s'adapter à la pensée et au ressenti du visiteur. L'exposition s'adapte, se module, change, et est liée au visiteur, ce qui renforce le sentiment d'être présent dans un parcours unique.

Mais cette fabrique de subjectivité soulève également des questions éthiques :

- Qui contrôle les données générées par l'interaction ?
- Quelle mémoire numérique est conservée ?
- Jusqu'où peut-on individualiser l'expérience sans fragmenter le sens collectif ?

Certains auteurs nous alertent sur le risque que nous courons de transformer nos esprits en véritables chaînes de montage intellectuel. En cherchant à tout anticiper, en devinant à l'avance les réactions des visiteurs, nous pourrions bien éliminer toute part de surprise et de libre interprétation. Le musée, au lieu d'être un lieu vivant d'échanges et de débats, deviendrait alors une prison algorithmique où nos pensées seraient conditionnées. L'enjeu est donc de concevoir des espaces qui nous immergent pleinement dans l'univers muséal, tout en préservant notre liberté d'interprétation. Des lieux où la médiation serait transparente, où nous pourrions comprendre comment l'expérience s'ajuste à nos attentes, tout en gardant la possibilité de questionner les mécanismes qui la sous-tendent.

Pour les systèmes conversationnels (agent IA), utilisables sur différentes plateformes, permettent de favoriser les interactions sociales, d'exprimer son identité et de s'amuser. C'est un outil qui tient compte des goûts personnels pour gérer les incertitudes et les incompréhensions, ainsi, cela permet de changer ce qui est montré en fonction de ce que l'on regarde en fonction de nos déplacements physiques. Dans le cas des musées, cela permet de personnaliser les informations de manière intéressante (Bohnert et Zukerman, 2013). Les systèmes capables de générer du texte automatiquement permettent de créer des histoires et des discussions intellectuelles qui s'adaptent aux visiteurs, mais il faut tout de même une vérification de la véracité des informations fournies (afin de savoir d'où viennent les informations et que les responsables du musée valident ce qui est dit) (Bohnert et Zukerman, 2013).

Cette technologie aide également à conserver et à organiser les informations, en générant des idées nouvelles, elle modifie les modes d'interprétation du réel et nous oblige à repenser le rôle du responsable d'exposition dans un système où les décisions sont prises avec l'aide d'algorithmes (Lopes, 2020). Plus en amont, les outils immersifs, de manière plus générale, mettent les individus dans une position d'appropriation avec des visiteurs actifs qui explorent des informations organisées par des algorithmes dans des environnements d'apprentissage améliorés.

Ainsi, l'introduction d'éléments numériques ne saurait être considérée comme neutre, car elle influence et oriente notre manière d'appréhender les œuvres. Les experts ont souligné les dangers d'une *tabula rasa* des savoirs existants, qui masquerait des enjeux de pouvoir et une transformation en simple attraction spectaculaire. Appliqué aux expositions immersives, ce phénomène risquerait de réduire le modèle muséal à de simples animations éphémères, privant ainsi l'institution de sa portée sociale et culturelle.

Plus loin encore, la « *nécromancie numérique* » dont nous avons parlé en amont (la reconstitution virtuelle de personnes décédées), soulève des questions sur l'authenticité, le consentement après la mort et la responsabilité des conservateurs. Il est essentiel d'avoir une éthique de la présence et du témoignage, même pour les voix reconstituées (Donaldson, 2022 ; Morse, 2024). Pour éviter que le savoir ne soit entièrement automatisé, il faut que la conception des environnements immersifs soit guidée par une pensée critique, afin que la technique ne prenne pas toute la place de la signification. Les questions d'utilisation et de traces nécessitent également une politique de l'attention et des données : l'utilisateur, qui est aussi un capteur d'informations, devient co-auteur d'un musée en co-construction, ce qui implique la transparence, la simplicité, le consentement et la possibilité de vérification (Vidal, 2019). Enfin, une « *écologie des savoirs* » visant à réparer les erreurs du passé nous invite à mettre en place des systèmes qui redonnent la parole aux minorités et reconstituent des mémoires fragmentées ; le musée immersif devient un lieu où la connaissance est juste pour tous (Santos, 2016).

Historiquement, les humanités numériques se sont structurées autour de l'édition électronique, de la recherche et de la visualisation, en mettant l'accent sur les normes et l'interopérabilité ; de même, la pérennité du musée immersif dépend de systèmes solides, documentés et ouverts. La

visualisation, la modélisation et l'interaction sont des méthodes et le musée devient alors un atelier de connaissances où les interfaces sont des arguments (Burdick et al., 2012).

Pour aller plus loin, l'idée de post-médialité explique comment l'art, la technologie et la connaissance s'associent. Elle nous aide à voir le musée comme un outil qui mobilise plusieurs moyens afin d'améliorer la visite (Fourmentaux, 2010). Aujourd'hui, la manière dont nous diffusons et partageons l'information connaît une véritable transformation. Qu'il s'agisse de collaborations humaines, de logiciels spécialisés, d'outils de navigation ou encore de supports visuels comme les notes et les images, tous ces éléments redéfinissent profondément notre conception de la publication. Le musée immersif s'inscrit parfaitement dans cette mouvance : il se transforme en un véritable document dans lequel on peut circuler, offrant une expérience de découverte active et personnelle. (Guichard, 2019).

Dans ce contexte, des technologies comme les HoloLens, conçues pour s'adapter à notre environnement immédiat, ce que nous voyons, nos gestes, les obstacles autour de nous, nous rappellent combien il est essentiel de concevoir l'expérience du point de vue de l'utilisateur. Les retours d'experts issus de divers horizons, muséographie, informatique, imagerie, convergent pour souligner cette nécessité fondamentale (Hammady et Ma, 2019). De même, les outils de réalité augmentée sur smartphone, testés dans des musées comme celui de Minas Gerais, insistent sur la facilité d'utilisation, l'accès pour tous et l'histoire racontée (Saleme et al., 2020). Naexus, par exemple, est un dispositif immersif et nomade qui invite le public à s'immerger pleinement dans un récit. Cet outil, à la fois sensible et mobile, propose une expérience unique où chacun peut se laisser transporter au cœur d'une histoire. Ce dispositif revêt la forme d'une bulle immersive équipée d'un écran panoramique et d'enceintes (tridimensionnelles) dans son espace intérieur. L'impression d'immersion est permise par la projection d'images numérisées sur un écran courbé. L'image entoure complètement le visiteur, ce qui crée une sensation d'immersion. « *Une impression sensorielle s'empare des visiteurs que les années, l'histoire, les symboles, l'échelle viennent activer et animer. S'abandonner au lieu, se laisser imprégner, est aussi une expérience patrimoniale intense.* » (Lescop et al., 2017). De ce fait, le dispositif a une influence directe sur la façon dont les visiteurs perçoivent l'espace du musée : on se souvient et on ressent des choses, plutôt que de simplement voir une copie de la réalité (Lescop et al., 2017). D'autres projets utilisent de nouvelles formes de compréhension,

comme les cartes historiques ou les prédictions archéologiques faites avec l'aide du numérique (Gillot, Del et Bouet, 2020).

La documentation numérique n'est plus seulement un endroit où l'on conserve des informations, elle devient un moyen d'expression, qui pose des questions sur l'origine, le suivi et le respect. La documentation artistique contemporaine révèle que les images, les perspectives et les informations contribuent toutes à façonner le discours du musée (Bellin, 2024). Cependant, ces expériences doivent raconter une histoire de manière responsable, notamment dans le cadre de l'apprentissage en réalité virtuelle, où il est essentiel de veiller à ne pas induire les utilisateurs en erreur (Fox et al., 2009).

L'évolution des pratiques de publication et de documentation en sciences humaines octroie des compétences utiles aux musées immersifs : analyse, gestion des informations, visualisation et nouvelles perspectives (Mustafa El Hadi et Favier, 2015). Les professionnels de l'information endossent désormais un rôle d'aidant à la technique, et leurs compétences doivent être mobilisées dès le début des projets. Dans cette optique, se former au numérique ne doit pas seulement consister à apprendre des techniques, cela doit s'ancrer dans une démarche liée à la recherche et à l'analyse critique, même dans les lieux culturels. C'est aussi ce que demande l'interdisciplinarité, en s'appuyant sur de véritables collaborations entre les méthodes de travail.

L'immersion, sous le prisme du sens, requiert un repositionnement des outils dans leur contexte. Il devient alors essentiel d'analyser les émotions pour comprendre comment le numérique affecte notre façon de voir, de nous souvenir et de comprendre (Gélinas, 2014). Le musée devient un lieu d'échange de symboles, où les histoires personnelles, scientifiques et historiques se croisent et évoluent grâce aux outils numériques.

La voix, élément central des témoignages oraux numérisés, soulève des interrogations éthiques quant à l'accès, à la diffusion et à l'organisation des informations. Quant à la réalité virtuelle, particulièrement grâce à la modélisation 3D, elle ne se limite pas à remplacer des objets physiques, elle se transforme en véritable espace d'apprentissage où l'immersion active devient source de connaissance (Brennan et Christiansen, s.d.).

Pour que ces dispositifs d'immersion déploient pleinement leur potentiel, ils doivent d'abord être adoptés par le public. Leur conception gagne à être co-construite avec les visiteurs, tout en s'inscrivant harmonieusement dans notre environnement social et technologique (Ch'ng et al.,

2013). Cette approche rejoint les principes de la muséologie sensible, qui mise sur l'interactivité, capte les réactions physiologiques des visiteurs et adapte le récit en fonction de leurs actions et déplacements (Li et al., 2018).

Concevoir aujourd'hui des interfaces muséales, c'est l'art subtil de marier les attentes des institutions, l'engagement des visiteurs et la narration interactive, comme le souligne McColl (2020). Cette démarche s'inscrit dans les questionnements actuels sur la mise en valeur du patrimoine numérique, qui exige une gestion rigoureuse des connaissances et une participation active des spécialistes. À l'instar du domaine éducatif, les musées naviguent entre une interprétation traditionnelle et des expériences innovantes, en adoptant résolument le virage numérique, comme le suggère Suzzoni (2018). Les bibliothèques hybrides, qui fusionnent physique et numérique, empruntent cette même voie en tissant des collaborations fécondes avec les musées pour structurer la connaissance, renforçant ainsi le maillage des institutions culturelles.

Les premiers travaux d'analyse informatique des textes anciens nous amènent à repenser en profondeur l'influence du numérique sur nos méthodes d'interprétation. Dans le contexte muséal, cette évolution souligne l'importance de préserver la signification authentique des œuvres au-delà des présentations techniques (Goujon, 2024). Comme le montrent diverses recherches, les modèles computationnels transforment radicalement nos processus de vérification des données tout en établissant de nouveaux cadres d'explication et d'interprétation (Schnapp, 2013).

La mutation numérique vers de nouvelles manières de partager la culture fait du musée un lieu de vie plutôt qu'un simple endroit, un lieu où se rencontrent équipements, histoires, collections, informations, programmes informatiques, personnes et opinions. Les humanités numériques donnent ici des règles et des valeurs, et rappellent que partager, c'est aussi choisir, expliquer et rendre transparentes les actions qui transforment les objets en moments à vivre. Le défi pour les dix prochaines années est de mettre en place des normes et des compétences stables, d'accepter que les programmes informatiques participent à l'interprétation et de s'intéresser aux visiteurs dans leur diversité, pour que le musée immersif reste un lieu de création de connaissances partagées et responsables, plutôt qu'un simple spectacle temporaire qui émerveille. La muséologie numérique part de l'idée que les expositions ne sont plus seulement des présentations figées, mais des lieux vivants, alimentés par des informations, des

programmes informatiques et des outils de personnalisation. Cela implique de passer d'une manière de transmettre simple à une manière de raconter qui s'adapte, où l'histoire du musée se crée en échange avec le visiteur.

Bohnert et Zukerman (2013) ont créé des modèles de pensée subjective pour utiliser des informations incertaines ou ambiguës dans les systèmes de recommandation. Appliqués au musée immersif, ces modèles permettent de modifier le parcours en fonction de ce qui intéresse vraiment le visiteur (temps passé à regarder, actions, déplacements), et pas seulement en fonction de ce qu'il dit aimer. Il en résulte une façon de présenter le musée qui s'adapte, où chaque moment est unique, lié à la situation et potentiellement créé ensemble. Dans cette même pensée, certains évoquent le sujet des choix effectués par des programmes informatiques, où les décisions concernant le parcours, les contenus et les façons de partager sont influencées par des éléments techniques invisibles (outils de recommandation, création de sens, informations sur les liens). Le but n'est plus seulement de choisir un contenu, mais de créer les conditions pour qu'il soit interprété.

Lopes (2020), dans ses recherches sur l'apprentissage automatique appliqué à la sélection d'œuvres, souligne que les technologies comme l'intelligence artificielle permettent de trouver des tendances, d'organiser des ensembles et de proposer de nouveaux moyens de comprendre, tout en transformant le rôle du responsable d'exposition. Le responsable devient alors un intermédiaire entre le modèle informatique et la compréhension humaine, un rôle qui combine des connaissances spécialisées, des compétences techniques et des valeurs. D'ailleurs, Guichard (2019) explicite que les nouveaux outils (numériques) entraînent une évolution des métiers du musée. Les médiateurs, les conservateurs, les documentalistes deviennent aussi des spécialistes des informations culturelles, un lien entre les visiteurs, les objets et les outils. Cette combinaison nécessite de nouvelles formations, une reconnaissance officielle et une gestion partagée des connaissances.

Goujon (2024), dans une réflexion sur l'interprétation, rappelle que les outils informatiques ne peuvent pas être neutres : chacun véhicule ses propres grilles de lecture, ses priorités implicites et ses angles morts. Le défi pour le musée est alors de concevoir une présentation qui montre les différents regards possibles, rend visible le travail d'interprétation et permet différentes appropriations. Enfin, Brennan et Christiansen (s.d.) soulignent que l'aspect concret du virtuel constitue un moyen d'apprendre activement. Dans leurs travaux sur la réalité virtuelle appliquée au patrimoine, ils expliquent que la reproduction numérique ne doit pas être vue comme une

simple copie, mais comme un outil qui aide à comprendre et à ressentir, ouvrant la voie à de nouveaux moyens d'étudier et de partager.

Pourtant, cette approche comporte ses limites. Comme le souligne Stiegler, les outils numériques s'inscrivent souvent dans une logique d'automatisation qui risque de nous déposséder de notre capacité à réfléchir par nous-mêmes. L'immersion peut nous éloigner du réel, notre attention se disperse facilement, et certaines interactions s'avèrent finalement bien artificielles. Le musée immersif devrait donc être envisagé non pas comme un simple divertissement, mais comme un espace de résistance face à ces manipulations. Il faut tout de même faire preuve de vigilance. En présentant le musée comme un lieu de rencontres à la fois sensibles, numériques et politiques, on observe que la médiation ne se limite plus à une explication simpliste, mais devient un véritable engagement avec notre société et ses technologies. Le visiteur n'est plus spectateur passif, il observe, produit du sens, interprète. Cette évolution exige de nous des pratiques plus ouvertes, réfléchies et transparentes.

Mariella Combi, dans l'ouvrage *Cultural Heritage in a changing world* (chapitre : *Cultures and Technology: An Analysis of Some of the Changes in Progress Digital, Global and Local Culture*) explique que dans le contexte de mutation deux problèmes principaux émergent dans le musée numérique : (1) le conflit entre conserver les choses telles quelles et innover, entre laisser les gens participer et avoir une autorité, entre montrer les choses telles qu'elles étaient et les remettre dans leur contexte. (2) Le passage à l'immersion ne résout pas ces problèmes, mais les rend plus visibles, obligeant les institutions à se considérer non plus comme de simples « *gardiennes du passé* », mais comme créatrices de lieux de partage de connaissances (Combi, 2016). Les outils numériques des musées utilisent la connaissance de manière à influencer notre façon de penser : ils créent des attentes, des attitudes et des façons de comprendre. Le musée numérique devient ainsi un lieu contrôlé par des algorithmes, où notre rapport au passé est modifié par des systèmes informatiques invisibles. D'où la nécessité de concevoir les choses de manière réfléchie, critique et en tenant compte de la situation.

Ces réflexions démontrent les problèmes importants qui existent dans le musée numérique, partagé entre le passé et le nouveau, le contrôle et l'implication, le partage et le fait de remettre dans un autre contexte. Au lieu de régler ces problèmes, les technologies immersives et les systèmes informatiques rendent ces questionnements encore plus présents, forçant à changer

les rôles, les pratiques et les devoirs. Dès lors, il devient essentiel d'adopter une approche critique et éthique dans la conception et l'utilisation des outils numériques, afin de préserver la richesse du patrimoine tout en répondant aux enjeux contemporains de médiation et de compréhension. C'est avec cette idée en tête que se dessinent des perspectives qui impliquent les humanités numériques dans le monde des musées.

Dans cette dynamique où les musées évoluent pour devenir à la fois des lieux de sensibilité, de transmission et d'innovation technologique, une transformation significative s'opère avec l'arrivée d'outils issus de l'ingénierie du bâtiment et de la gestion numérique des patrimoines. Alors que les expériences immersives enrichissent la médiation culturelle et favorisent l'implication des visiteurs, des technologies comme le HBIM et le jumeau numérique interviennent en amont pour approfondir notre compréhension, assurer la conservation et optimiser l'entretien des œuvres architecturales. Elles étendent ainsi la logique du musée numérique au patrimoine bâti, créant des ponts entre représentation et données, entre visualisation et documentation, entre expérience et gestion scientifique. Cette évolution marque un changement d'échelle fondamental : le musée, espace traditionnel de médiation, laisse place à l'édifice patrimonial conçu comme un système d'information vivant, où la modélisation 3D devient le support d'analyses approfondies, d'échanges fructueux et d'une mémoire collective enrichie. La partie suivante va nous permettre de nous atteler à ces processus.

1.5.1. Les modèles numériques du patrimoine : du modèle informationnel (BIM/HBIM) au modèle vivant (jumeau numérique)

Parmi les éléments constitutifs du musée immersif, la modélisation des informations du bâtiment (BIM : Building Information Modeling) se présente comme une façon organisée de réaliser ce rapprochement entre les informations, la création de modèles et la gestion de la durée de vie, il est donc important d'expliquer ses bases et de saisir comment elle opère.

Le tout premier programme BIM a vu le jour en 1982, il s'agit du logiciel ArchiCAD, intégré dans le processus (BIM). Gabor Bojar serait à l'origine de cette invention. Il crée d'abord ce logiciel pour les ordinateurs personnels, mais très vite, le potentiel de cet outil, qui permet de modéliser en 3D des bâtiments de manière structurée et précise dans le détail, sera appliqué aux bâtiments porteurs d'histoire, souvent protégés par la DRAC et les ABF en France, dans le processus HBIM.

Dans un premier temps, nous allons nous attarder sur le BIM, afin d'expliquer de quoi il relève. Le BIM est selon l'ISO 29481-1 : 2016 Building Information Models Information ; Part 1 : Methodologie and Format : « *Le BIM est l'utilisation d'une représentation numérique commune d'un objet de bâtiment (y compris les bâtiments, les ponts, les routes, les usines de fabrication, etc.) pour faciliter la conception, la construction et l'exploitation afin de fournir une base solide pour la prise de décision.* », parallèlement, le dictionnaire BIM en ligne nous donne cette définition : « *La modélisation des données du bâtiment (BIM) est un ensemble de technologies, de processus et de principes (normes) qui permettent à plusieurs parties prenantes de concevoir, construire et exploiter en collaboration une installation dans un espace virtuel* » et enfin selon l'ISO 19650, le BIM fait référence à « *l'utilisation d'une représentation numérique commune d'un bien bâti pour faciliter les processus de conception, de construction et d'exploitation afin de fournir une base fiable pour la prise de décision* ». En prenant appui sur ces définitions, le Building Information Modeling (BIM) désigne à la fois une reproduction digitale intelligente d'une construction (immeuble, pont, voie, installation industrielle, etc.) et un ensemble de process qui permettent à plusieurs personnes concernées de collaborer, bâtir, gérer et utiliser cette reproduction dans un lieu virtuel commun.

Ce processus repose sur une image virtuelle unique d'une construction, enrichie par des données géométriques : visuelles et spatiales (dimensions, coordonnées GPS, orientation, volume et surfaces). Également, il s'appuie sur des données sémantiques avec la typologie des objets qui composent le bâtir (mur, canalisation, fenêtre, etc.), les matériaux, les normes (résistance au feu, et autres impondérables) et des données temporelles et environnementale, de phase de construction, d'installations, de maintenance, de bilan énergétique, d'empreinte carbone, de traçabilité des travaux de modifications et d'autres interventions. Et pour terminer, il s'appuie sur les données collaboratives et historiques dans le but de fournir une base solide et sûre qui assure la fiabilité de la conception jusqu'à l'exploitation. Le BIM est une façon de collaborer avec le numérique et elle évolue dans le temps.

Dans ce travail de recherche, nous avons modélisé iconographiquement le processus BIM dans le cadre de cette recherche. Les différentes figures permettent de visualiser le processus réalisé à partir des différentes données énumérées dans le paragraphe précédent, relevées par un scanner 3D (tel que le Laser LIDAR terrestre qui permet de modéliser en 3D). Ce dernier envoie

des faisceaux laser dans le but d'évaluer les longueurs exactes et de les récupérer à travers des milliers voire millions de points sur les surfaces extérieures du bâtiment. Ainsi, on récupérera le nuage de points paramétriques dans l'espace qui va permettre de reproduire la forme en volume réelle du bâtiment concerné. Dans un premier temps nous avons une représentation brute de la forme géométrique du bâti (cf. Figure 1), pour ensuite donner lieu à une représentation fidèle de la réalité physique, en 3D (cf. Figure 2).

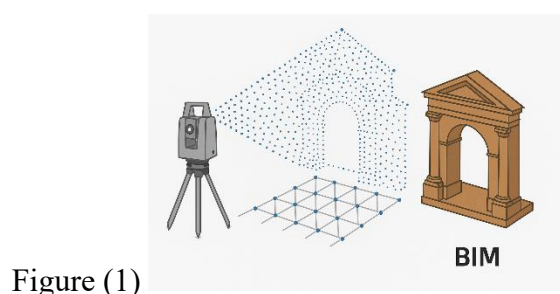


Figure (1)

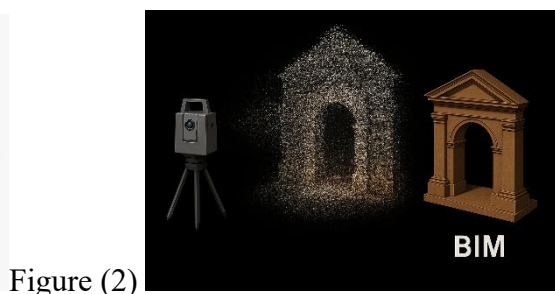


Figure (2)

De ce premier processus, va naître le second : HBIM. Ce dernier est destiné à la reproduction numérique des monuments historiques et patrimoniaux uniquement. Le Historic Building Information Modeling (HBIM) est un process basé sur des données architecturales historiques et un système de programmes multiplateformes pour cartographier des objets paramétriques sur des données de nuages de points et d'images comme le BIM. Le processus HBIM commence par la collecte à distance des données d'arpentage à l'aide d'un scanner laser terrestre combiné à la modélisation photographique numérique. L'étape suivante implique la conception et la construction d'une bibliothèque paramétrique d'objets, qui sont basés sur les manuscrits allant de Vitruve (Léonard de Vinci) aux livres de modèles architecturaux du XVIII^e siècle. Dans la construction d'objets paramétriques, le problème du format de fichier et de l'échange de données a été surmonté au sein de la plate-forme logicielle BIM ArchiCAD en utilisant le langage descriptif géométrique (GDL). Le GDL permet de remplacer toutes les valeurs fixe par des valeurs paramétrables selon les besoins et d'en ajouter si nécessaire pour donner plus de précision sur un élément donné.

Le traçage d'objets paramétriques sur les levés à balayage laser en tant que composants de bâtiment pour créer ou former l'ensemble du bâtiment est la dernière étape du processus de rétro-ingénierie. Le produit final de HBIM est la création de modèles 3D complets, y compris des détails derrière la surface de l'objet concernant ses méthodes de construction et la composition des matériaux. Le HBIM qui en résulte peut créer automatiquement des sections

coupées et des détails en plus des modèles 3D (filaires ou texturés) pour l'analyse et la conservation d'objets, de structures et d'environnements historiques (Pavie, 2013).

Pour une meilleure visualisation de nos propos et explications, nous avons créé des figures (3 et 4) qui représentent le HBIM de Notre Dame de Paris : La figure (3) énumère les éléments dont nous avons besoin pour créer le HBIM. Dans la figure (4) le (a) représente le capturing des points paramétriques par laser terrestre, qui mesure et enregistre des millions de points qui sont positionnés selon un repère spatial X, Y, Z (indiqué sur notre image). Ce scanner est relié à un ordinateur ou une tablette dans lesquels sont enregistrés les points paramétriques, et ensuite, l'importation dans un logiciel de modélisation (par exemple : Scan to BIM) qui permet de visualiser le nuage de points et de modéliser par-dessus l'objet observé. Le (b) représente la modélisation 3D (en volume) du monument historique. Enfin, la figure (5) représente la visualisation du modèle 3D HBIM grâce aux outils : Lunette/casque de réalité virtuelle, rattaché à un boîtier de lecture qui se trouve dans le sac à dos du visiteur.

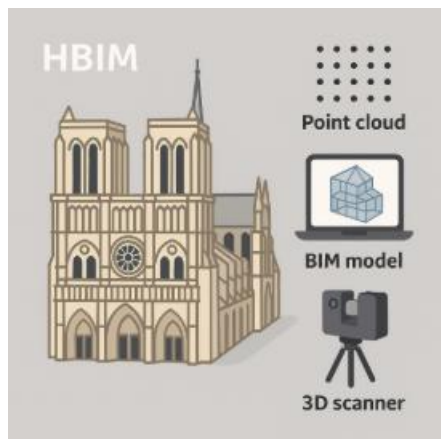


Figure (3)

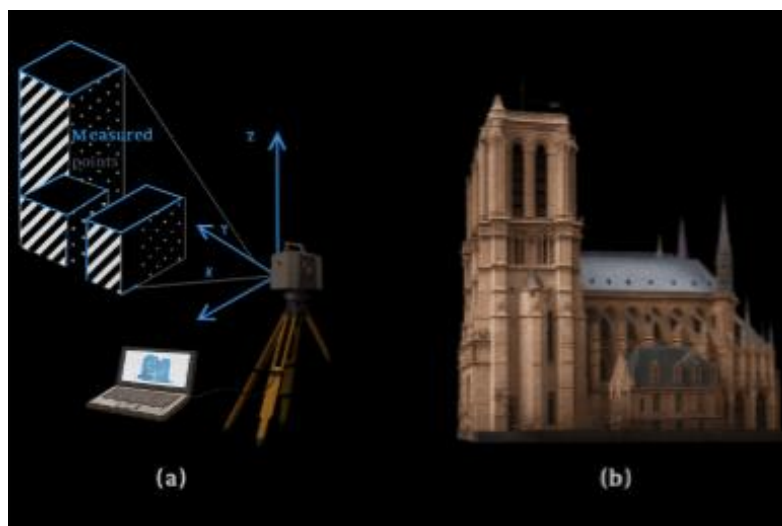


Figure (4)

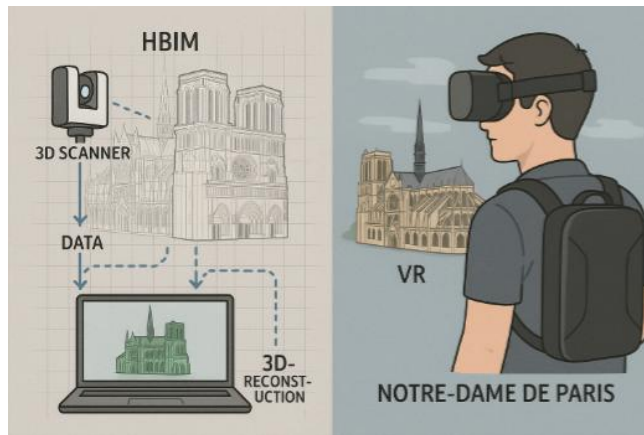


Figure (5)

Le BIM/HBIM est un processus qui utilise des programmes de création de modèles comme Revit, Edificius, ArchiCAD, ce qui permet de reconstruire numériquement des bâtiments de façon intelligente. Cette approche a créé le HBIM (BIM Historique) qui utilise la même méthode que le BIM mais spécialement pour les monuments anciens ou les bâtiments patrimoniaux, en utilisant des informations et des documents anciens, des données de départ (scans, mesures, photographies) et des informations sur les formes en utilisant une façon logique de créer des modèles. Ceci débouche également sur d'autres processus plus précis encore : le jumeau numérique.

Le jumeau numérique est un processus qui intègre une version plus pointue. Ce processus contient le process BIM/HBIM, mais à leur instar, il mesure en temps réel les données paramétriques et le modèle 3D est mis à jour à la seconde où il reçoit les mesures au moyen à des détecteurs, ainsi, ce processus est une copie numérique vivante d'un bâtiment réel. Il est lié à des capteurs, à des bases de données, et peut changer en même temps que la réalité (température, humidité, mouvements, etc.). Il y a donc un échange constant entre la réalité et le modèle : ce qui arrive dans la vraie vie opère une modification sur le modèle, et l'inverse est aussi vrai.

Ceci soulève des questions et nous pouvons nous interroger sur la possibilité de consulter ces données en temps réel. En effet, comment pouvons-nous obtenir et suivre ces mesures en temps réel ? Cela est possible grâce à la mesure constante des capteurs installés sur les différentes surfaces des bâtiments concernés. Ainsi, nous obtenons les données des mesures à distance qui sont directement liées à la maquette numérique.

Voici une liste d'appareils de mesure placés dans les bâtiments :

Capteur	Ce qu'il mesure	Exemple d'application sur un monument
Capteurs de température / humidité	Conditions environnementales	Permettent de suivre les variations de températures dans un crypte par exemple.
Capteurs hygrométriques	Humidité des matériaux	Permet de prévenir des possibles moisissures liées à l'environnement humide.
Accéléromètres	Vibrations ou déplacements	Il vient détecter les possibles fissures et micro-fissures.
Capteurs de contraintes (strain gauges)	Déformations et pression dans un matériau	Un élément du bâtir qui se déforme par la conséquence temporelle.
Capteurs de lumière	Intensité lumineuse	Ce capteur analyse la dégradation des pigments dans des fresques par exemple.
Capteurs de qualité de l'air (CO₂, particules)	Pollution intérieure ou extérieure	Cela permet de prévenir et de protéger les artefacts des dégradations par l'air.

Ces données sont transmises en temps réel par des protocoles bas débits ou par le biais de la Wifi 4G/5G, afin d'être centralisées dans une base de données ou dans un cloud attendant au modèle numérique. Ainsi, nous pouvons constater une transition du HBIM vers le jumeau numérique, qui reçoit et traite les données en temps réel, de façon pérenne. Nous avons élaboré une figure (6) et un schéma récapitulatif du fonctionnement et de la liaison directe du monument physique au DT en passant par le processus HBIM.

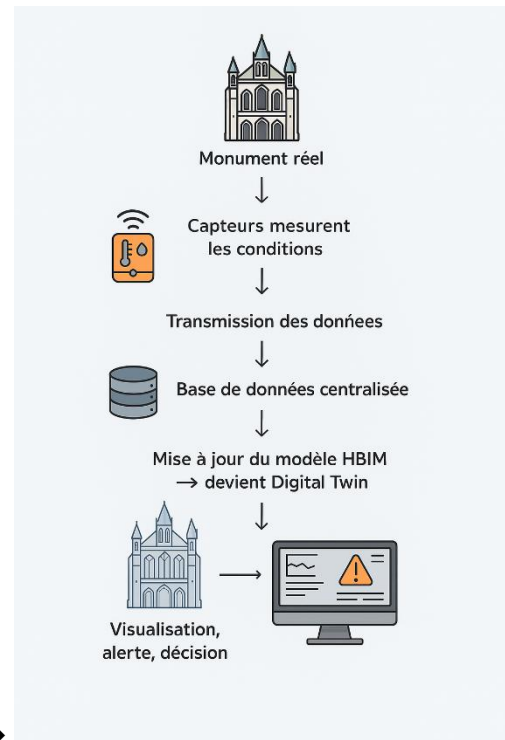
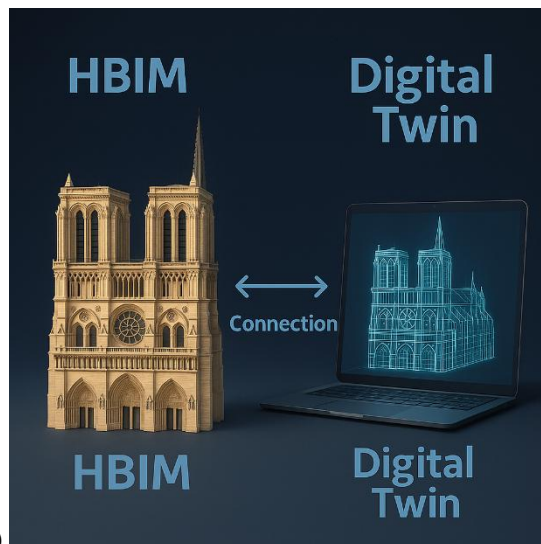


Figure (6) →

Ce système fait émerger de nouvelles interrogations sur le process HBIM et la visualisation vivante du DT des monuments qui n'existent plus à la suite des destructions (naturelle ou humaine). Trois cas de figures entre dans cette réflexion :

Cas de figure possible	Exemple concret
1. Les données ont été intégré dans une base en amont avant la destruction du monument.	<p><i>Notre-Dame de Paris avant l'incendie (2019)</i></p> <p>Ubisoft, à l'origine de Reconstitution 3D du monument, s'est basé du des plans, des photos, des scans 3D, et des archives architecturales afin de reconstituer un modèle 3D précis (HBIM) qui a servi de base à une reconstruction physique ou virtuelle.</p> <p>Le modèle peut être enrichi avec des données historiques, matériaux, phases de construction, etc.</p> <p>Cependant, ce HBIM n'est pas tout à fait considéré comme un digital twin, puisqu'il n'y a actuellement pas de preuve d'une connexion continue aux données réelles par le biais de capteurs qui mesure les éléments (humidité, température...) en temps réel. Cette reconstitution virtuelle n'indique aucune synchronicité en temps réel et aucune installation de capteurs sur le monument.</p>
2. Il subsiste très peu de données, cependant, il existe des traces ou de la documentation	<p><i>Certains bâtiments anciens détruits par les catastrophes humaines ou naturelles prennent appui sur les archives et photos historiques, de manière à initier une reproduction.</i> Les archives contiennent des descriptions écrites, dessins, gravures, des cadastres. De plus, certains témoignages peuvent être ajouté de manière à avoir plus de détails et une analyse archéologique peut être réalisée pour élaborer un modèle HBIM qui peut inclure certes des niveaux d'incertitude ou des hypothèses qui permettent tout de même une restitution utile pour la mémoire, la recherche ou la médiation.</p>

<p>3. Le monument ou bâtiment a subi une destruction complète.</p>	<p>Dans ce cas, la création de modèles HBIM n'est pas complète et se base sur des suppositions et hypothèses. Ces reconstitutions sont surtout utilisées pour des études, dans des musées ou pour mettre en valeur la culture, plutôt que pour de véritables travaux de restauration.</p> <p>Plusieurs experts ont noté que les modèles HBIM "tels que construits" ne sont pas toujours fiables si les informations sont incomplètes, ce qui arrive souvent sur les sites archéologiques ou historiques complètement détruits. Maiezza (2019) souligne que, dans ces cas-là, la reconstitution virtuelle des parties manquantes s'appuie souvent sur des comparaisons, des ressemblances de style ou de type avec des bâtiments de la même période, du même style ou du même architecte. Penjor et al. (2024) et Moyano et al., (2022), quant à eux, insistent sur le fait qu'il faut tenir compte de ces informations secondaires ou anciennes, comme les vieux dessins, les gravures ou les récits de l'époque, tout en sachant qu'elles rendent la modélisation moins précise.</p>
--	---

Pour aller plus loin dans notre réflexion afin de comprendre l'utilité de ces processus dans les musées immersifs, nous avons concentré plusieurs travaux et réflexions autour de ce sujet.

Appliquée au patrimoine, l'idée industrielle des jumeaux numériques (Digital Twins) oriente la muséologie vers la prédiction, la surveillance et l'adaptation en temps réel. Tuegel et ses collègues proposent un modèle intégré reliant la réalité physique et la représentation numérique pour les systèmes complexes, basé sur l'histoire, l'usure et l'environnement propres à chaque élément et abandonnent l'idée des marges de sécurité générales (Tuegel et al., 2011). Dans la même optique, Glaessgen et Stargel formalisent l'intégration d'une simulation très précise et de données réelles, ce qui change la certification et la maintenance ; appliqué au musée, chaque objet pourrait avoir un double numérique vivant mis à jour par l'interaction. Le plan stratégique de la NASA par exemple, associe l'innovation matérielle, la modélisation, la surveillance en temps réel et la certification basée sur des modèles (Glaessgen et Stargel, 2012), adapté à la culture, il crée des immersions adaptatives qui réagissent aux comportements.

Cerrone et ses collègues vont plus loin, et ils insistent sur la personnalisation des modèles via la géométrie telle que fabriquée afin d'individualiser le vieillissement et les comportements, appliquée directement aux objets patrimoniaux pour la documentation, la conservation préventive et une muséographie centrée sur l'objet vivant et traçable (Cerrone et al., 2014). Aussi, Grieves relie la gestion du cycle de vie des produits et l'ingénierie des systèmes pour une vision intégrée et collaborative de la vie de l'objet, où le virtuel devient « *indistinguishable* » de l'original en termes d'utilisation, ce qui constitue une clé des pratiques immersives (Grieves, 2012).

Le DT d'un bâtiment est donc un outil numérique lié au BIM qui permet de suivre en temps réel, de prédire les problèmes et d'interagir sans cesse ; cette idée de relier le monde réel et le monde numérique laisse entrevoir des musées qui s'adaptent, sont connectés à leur public et qui réagissent à leur environnement. La Russa et Santagati proposent un BIM historique intelligent : un HBIM qui ressent et réagit aux conditions de l'environnement, ce qui pourrait donner lieu à des musées plus réactifs et écologiques (La Russa et Santagati, 2020). Le fait d'associer le HBIM à la RA pour une interprétation qui utilise plusieurs sens et relier ce qui est réel à une simulation où le passé et le présent se rencontrent est un levier qui permet d'enrichir et étoffer l'expérience tout en transformant les lieux sensibles en lieux visitables.

D'autres considèrent les DT du patrimoine comme la base d'un monde virtuel culturel, qui nécessite des modèles dynamiques des objets, des espaces et des pratiques pour des environnements qui durent longtemps ; il s'agit de faire vivre et de simuler le patrimoine plutôt que de simplement le montrer (Noehrer et al., 2021). Zhao et ses collègues montrent que l'association DT et IA améliore la conservation (grâce à la prédiction) et décrivent un système intégré IA-DT-5G pour des musées personnalisés et capables de fonctionner ensemble (Zhao et al., 2022). Les utilisations industrielles du scan 3D (reconstruction, archivage) qui, appliquées au musée, garantissent une documentation précise et des interprétations grâce au DT (Javaid al., 2021).

Kaplan va plus loin : l'IA transforme la connaissance, la narration et la mémoire, permettant de créer des scénarios automatiques et une médiation adaptable, tout en soulevant la question du manque de transparence des algorithmes et de leurs effets culturels (Kaplan, 2022). Cependant, des enjeux et des défis émergent, Zhang et ses collègues (2022) et Lucchi (2023) examinent tous les deux comment utiliser les outils numériques pour le patrimoine culturel et les bâtiments anciens, en se concentrant surtout sur les copies numériques (Digital Twins) et les mondes virtuels (métavers). Même si chacun voit ces idées d'une façon différente, leurs pensées se rencontrent et se complètent sur les changements numériques qui touchent maintenant la protection, la mise en valeur et la gestion du patrimoine. Zhang et ses collègues s'intéressent surtout à créer une façon de penser pour un monde virtuel spécialement pour le patrimoine culturel, en alliant le monde réel et le monde virtuel, en tenant compte du temps et de l'évolution

des objets et des pratiques du patrimoine au fil de l'histoire. Le monde virtuel est vu ici comme un espace virtuel en 4D (avec l'espace et le temps), qui permet de créer des modèles, de protéger, de partager et de transmettre le patrimoine, qu'il s'agisse de choses palpables (comme les bâtiments ou les objets) ou de choses impalpables (comme les histoires ou les pratiques culturelles). De ce point de vue, les auteurs insistent sur l'importance d'utiliser plusieurs nouvelles technologies : la réalité virtuelle et augmentée, les copies numériques, et l'intelligence artificielle. Selon eux, le monde virtuel du patrimoine s'organise autour de cinq aspects essentiels : la linéarité, la surface plane, l'espace, le temps et le contexte, qui sont tous importants pour montrer fidèlement le patrimoine dans un environnement numérique.

De plus, Zhang propose une façon de narrer l'histoire du patrimoine en utilisant quatre éléments de base : les personnages, les outils, les lieux et les histoires. Cette méthode permet de raconter des histoires culturelles compliquées dans des environnements où l'on se sent transporté et où l'on peut interagir. Cette approche permet d'imaginer une protection active, une restauration numérique, une meilleure interaction entre les gens et les objets du patrimoine (par exemple, des gestes qui déclenchent des réactions virtuelles), ainsi qu'une vision précise entre le monde réel et sa copie virtuelle, grâce aux copies numériques. En parallèle, Lucchi (2023) se concentre davantage sur l'utilisation des copies numériques dans le secteur des bâtiments anciens, en se basant sur une analyse des études scientifiques. Son étude met en évidence quatre grands thèmes ou quatre grands clusters qui relient les copies numériques à d'autres technologies :

Jumeaux numériques et scanner 3D (Copies numériques et techniques de scanner 3D)

- Jumeaux numériques et réalité virtuelle (Copies numériques et réalité virtuelle)
- Jumeaux numériques et HBIM (Heritage Building Information Modeling) (Copies numériques et HBIM (modélisation des informations sur les bâtiments historiques))
- Jumeaux numériques et Internet des Objets (IoT)

Toutefois, ce passage au numérique dans les musées, qui devient possible au moyen de l'ajout des copies numériques, qui crée aussi de nouvelles difficultés, surtout en ce qui concerne la protection. Effectivement, le fait qu'il y ait davantage d'objets reliés entre eux signifie qu'il faut faire très attention aux faiblesses liées à l'internet des objets. L'augmentation du nombre d'objets connectés nécessite de bien penser à la sécurité. Plusieurs chercheurs montrent que les musées intelligents sont vulnérables aux problèmes de l'internet des objets et proposent un système

expert pour identifier les menaces ; la cybersécurité devient donc essentielle pour la médiation et la gestion des données (Ksiountri et al., 2019 ; Khan et al., 2021).

D'ailleurs, Lucchi (2023) identifie plusieurs problèmes importants. Elle insiste surtout sur les difficultés à faire fonctionner ensemble des systèmes différents (interopérabilité des systèmes), les questions de sécurité des données, les défis liés à la normalisation et à la validation des informations numériques. Elle souligne également qu'il est urgent de mettre en place des règles, des normes et des lois spécifiques pour encadrer l'utilisation des copies numériques dans le domaine du patrimoine. Au-delà des détails techniques, Lucchi pose des questions morales très importantes. Les dangers liés à l'utilisation de machines et à la relation entre l'homme et la machine demandent une sérieuse réflexion sur la façon dont on montre le patrimoine sur Internet. De nos jours, le numérique permet de refaire ou d'imiter des choses anciennes qui n'existent plus, ou même d'inventer des choses fausses, ce qui soulève la question de savoir si ces images sont vraies, exactes et justifiées. Il est donc très important de réfléchir à ce qui est bien ou mal dans les reconstitutions numériques, en se demandant jusqu'où on peut accepter de refaire, de changer ou de montrer des éléments du patrimoine. De plus, elle souligne qu'il est nécessaire de collaborer dans plusieurs domaines pour gérer ces changements. Elle encourage à former des personnes ayant des compétences variées, combinant l'informatique, l'architecture, l'ingénierie, la muséologie et la restauration, capables de relier les besoins de la technologie et les valeurs du patrimoine.

Les copies numériques sont donc vues comme un élément essentiel du monde virtuel, combinant la numérisation, l'imitation, la possibilité de travailler ensemble et la projection dans le futur, afin que la protection du patrimoine se fasse de manière durable en prévoyant et en étant actif. Cependant, cette idée ouvre aussi la porte à des questions plus importantes. Par exemple, Hutson et Ratican étudient l'idée de « *faire revivre les morts grâce au numérique* » ou encore « *la nécromancie numérique* », en s'interrogeant sur la reconstitution du corps d'un défunt et la visualisation spéculative, ce qui soulève des questions éthiques et de connaissance sur la résurrection virtuelle (Hutson et Ratican, 2023).

En effet, la création d'avatars après la mort de certains personnages ayant marqué l'histoire, par le biais d'agents conversationnels, souligne des problèmes éthiques (consentement, authenticité) liés à la virtualisation de la mémoire. Cela implique de s'interroger et réfléchir à

la façon dont on connaît les choses et sur ce qui est considéré comme bien ou mal lorsque nous prenons l'initiative de faire revivre des objets ou corps virtuellement, et sur la limite floue entre le souvenir, l'invention et le fait de manipuler le passé. Morse, fait la différence entre la capacité de modifier les choses et la capacité de juger ce qui est éthique dans la façon dont on se souvient des événements importants, il faut concevoir des expériences qui font appel aux sens et qui engagent moralement les gens (Morse, 2021).

Todino et ses collègues, grâce à Museum Lab, mettent les communautés et la création collective au centre d'installations immersives qui tiennent compte des problèmes sociaux (Todino et al., 2025). Menaguale organise les outils numériques pour le patrimoine (surveillance, recreation, impression 3D, accès à distance) et demande des règles générales pour gérer les grandes quantités de données (Menaguale, 2023). Harrington et d'autres proposent une structure de réalité augmentée et d'outils numériques pour simuler, prédire et comprendre le contexte des objets dans des environnements qui mélangent le réel et le virtuel (Harrington et al., 2022). McColl, Lopes et Kaplan, enfin, mettent en avant les interfaces qui réagissent, la façon dont on choisit les objets à montrer et l'importance de personnaliser les choses de manière éthique (McColl, 2020 ; Lopes, 2020 ; Kaplan, 2022).

Aussi, nous pouvons nous interroger sur le droit à l'image, sur qui a le droit d'interpréter et sur l'importance de l'authenticité dans un environnement immersif. Si ces pratiques soulèvent des questions importantes sur l'éthique concernant la mémoire, l'authenticité et le droit à l'image, elles offrent quand même de nouvelles possibilités. En réalité, certains experts soulignent comment les personnages virtuels peuvent aider et améliorer la visite d'un musée en rendant les expériences plus interactives et compatibles. C'est le cas de plusieurs auteurs qui parlent de la capacité des avatars à fonctionner ensemble, proposent des modèles utilisables sur différentes plateformes avec des caractéristiques d'identité complexes, ce qui facilite le partage d'histoires historiques entre différents établissements (Chatain et al., 2023 ; Genay et al., 2022). Cela encourage une conception participative centrée sur l'utilisateur où le visiteur devient co-auteur, transformant le musée en un lieu de dialogue et de démocratisation du savoir.

Cette ouverture vers une muséologie collaborative fait aussi partie d'une façon plus générale de penser au rôle des lieux culturels à l'époque du numérique. C'est ce que Delmas-Glass et ses amis mettent en avant au regard des changements dans le monde des GLAMs, où créer ensemble change les règles de ce qui est éthique. Plusieurs chercheurs s'interrogent sur les GLAMs, en parlant d'évolution, de difficultés et de différents points de vue, ils expliquent que le passage au numérique peut aider à créer des choses ensemble avec les groupes concernés (par exemple, Venice Time Machine, Reciprocal Research Network), ce qui demande de repenser l'éthique de la communication numérique (Delmas-Glass et al., 2021).

Dans cette dynamique, Sitbon, suggère Boris Vian comme exemple numérique. Il imagine un héritage culturel après l'ère numérique, où les archives servent de base à des créations communes et touchantes, transformant ainsi le souvenir en un vécu partagé. Cette création d'expérience et la participation où le souvenir devient une façon de communiquer (Sitbon, 2022). Baujard décrit également le passage d'un musée conservateur à un musée virtuel où les visiteurs occupent une place importante. Dans cette vision, l'institution mue à nouveau et le numérique aide à rendre les choses plus accessibles et à faire participer les gens, ce qui peut entraîner des problèmes d'organisation, de droit et de gestion (Baujard, 2013). La mise en scène interactive, souligne l'importance croissante des technologies immersives (réalité augmentée, réalité virtuelle, écrans tactiles) pour que les visiteurs participent à leur propre expérience, grâce à des systèmes qui s'adaptent (Guiraud, 2022 ; Cruanes, 2025 ; Dion, 2019 ; Boumhaouad, 2017).

Les études sur l'éducation confirment cette idée. Messinger et al. (2008) décrivent les mondes virtuels (par exemple, Second Life) comme des espaces qui durent, où l'on se sent impliqué, où l'on travaille ensemble et qui favorisent la création et la personnalisation (un exemple pour des musées participatifs à distance) (Messinger et al., 2008). D'autres montrent que les environnements virtuels immersifs aident à se motiver, à se concentrer, à transférer ses connaissances et à les utiliser dans des situations réelles, l'immersion doit être organisée de manière pédagogique (Clarke-Midura et Dede, 2010). En parallèle, le fait d'utiliser des outils numériques interactifs, sur lesquels on effectue des actions faciliterait la compréhension. C'est le cas pour Vanleene et al. (2019) qui ont expérimenté un cours de civilisation fondé sur l'apprentissage par la pratique. Déjà en cours avec les premiers outils informatiques, le passage

au numérique dans les sciences humaines change profondément notre façon de comprendre les choses, que Rémy (2020) appelle un « *paradigme instrumenté* ». Pour lui, les nouvelles technologies dans les sciences humaines ne font pas qu'améliorer les méthodes existantes ; elles transforment l'idée même de base de données, qui devient flexible, facile à suivre et adaptable. Ce changement, celui de la science augmentée, modifie la façon dont on fait de la recherche : elle devient une action menée avec la technologie, où le numérique n'est plus seulement un support, mais un élément qui crée du sens. Appliquée aux musées, cette idée permet de voir les installations immersives non pas comme des ajouts à ce que dit le conservateur, mais comme des lieux de réflexion où les connaissances se créent en échangeant avec le monde numérique (Mounier, 2017, 2018).

Ces apports pédagogiques montrent pourquoi il est important que les individus participent et soient intéressés dans le cadre des environnements numériques. De ce fait, plusieurs projets utilisent des technologies immersives afin de faciliter l'accès et la compréhension. Ces projets allient des règles communes et des outils qui font appel aux sens pour faire découvrir le patrimoine, en faciliter l'accès et le lier à son contexte originel. D'ailleurs, des auteurs comme Ioannides, combinent la 3D haute résolution, la réalité virtuelle et les données pour reconstruire fidèlement des objets (Ioannides et al., 2018 ; 2021). En effet, dans leur article *A web-based platform for management and visualization of geometric documentation products of cultural heritage sites*, les auteurs parlent d'un projet nommé METEORA qui est une plateforme en ligne destinée à documenter et visualiser le site de Météores en Grèce, en 2D et 3D. D'après eux : « *La mission des dépôts numériques de patrimoine culturel (PC) va au-delà de l'engagement et de la diffusion ; leurs données de recherche doivent être abordées et corrélées spatialement et sémantiquement au service de la conservation et de l'accessibilité.* »

Ainsi, cet outil interactif est créé dans le but de récupérer et de présenter des données. Ce qu'ils entendent par données, ce sont : les données géométriques qui permettent de réaliser les modèles 3D/2D, les données sémantiques qui vont inclure les métadonnées descriptives (noms, dates, contexte historique, contexte culturel, etc.), les données multimédias associées (vidéos, fichiers audio), et des données utilisateurs (profil de l'utilisateur : scientifique, archéologue, conservateur, touriste, etc.). Ces données sont corrélées de plusieurs manières. Tout d'abord, elles sont liées spatialement, de façon à associer les différentes positions dans l'espace. Ensuite, elles sont corrélées sémantiquement de manière à donner du sens en structurant les liens entre les objets et leur utilité, cela dans le but de rendre les informations interactives, c'est à dire,

avoir les visualisations en temps réel avec des points cliquables et des navigations immersives. Si nous parlons de tous ces éléments c'est bien parce que les différents modèles 3D/2D utilisés pour ce projet, peuvent être réutilisés pour la base d'un dispositif de musée immersif.

A cet effet, la reconstitution d'un objet ou d'un monument, peut faire l'objet de mise en scène dans une visite immersive et ce par le biais des données sémantiques (contexte historique, narratif, culturel) qui peuvent être réutilisées dans le but d'une remise en contexte et d'un storytelling qui va permettre de créer l'exposition dans le musée immersif. Aussi, les données utilisateurs pourront permettre l'adaptabilité des informations aux différents niveaux de connaissance des visiteurs et pourront également personnaliser les langues (touristes), ainsi tous les visiteurs pourront être sur un même pied d'égalité (équitable). Ce type de projet ouvre la porte à une utilisation en dehors du web (plateforme linéaire) pour prendre place dans un espace où l'immersion physique, cognitive, et sensorielle pourra se faire. Ce type d'initiative donne également lieu à la vulgarisation d'informations scientifiques liées à la recherche, aujourd'hui destinées aux visiteurs de musées immersifs.

Pour aller plus loin dans de notre réflexion et donner d'autres exemples pertinents sur cette mise en lien et mise en réseau du partage de connaissances par le biais du numérique, Hutchison, avec la plateforme meSch¹⁷ permet aux institutions de créer facilement des visites immersives et interactives. En effet, meSch propose une multitude de dépôts numériques disponibles. Ce projet souhaite en faire un usage innovant en les intégrant à un outil de création d'expositions intelligentes et adaptatives. Le problème central qui est soulevé ici, c'est la perte de matérialité lorsque le numérique se situe sur des plateformes linéaires. meSch veut remettre le physique au centre de l'expérience du patrimoine culturel. Aussi, ce projet est pertinent dans notre réflexion, puisque meSch est un projet collaboratif entre des conservateurs, des artistes et des designers qui travaillent ensemble pour développer une technologie dans le but de créer des expositions intelligentes adaptatives. Ainsi, des expositions sont créées sur des bases de systèmes que l'on peut toucher et qui tiennent compte du contexte (capteurs, géolocalisation, réalité augmentée, mobile) pour des histoires personnalisées sans écran, qui font appel aux sens et qui sont liées à un lieu. Lo Turco et ses collègues montrent également au Museo Egizio, un ensemble

¹⁷ ATM3 est un projet présenté sur la plateforme Mesch.io, consacré à la modélisation, à la visualisation et à la gestion de données patrimoniales tridimensionnelles. Il vise à promouvoir des outils et des méthodes pour l'exploitation de modèles 3D dans les domaines de la recherche, de la médiation et de la conservation du patrimoine (Mesch.io, s.d., <http://www.mesch.io/atm3-theme/#/>).

d'éléments qui combinent la modélisation 3D, la réalité virtuelle, le WebXR, le 3DHOP, l'ATON et la gamification en accord avec les principes FAIR (Findable, Accessible, Interoperable et Resuable), afin de partager des objets peu accessibles et de faire participer différents publics (Lo Turco et al., 2019).

Pramartha et Davis, en parlant du kulkul balinaise (un instrument traditionnel de Bali), proposent l'idée de la culture en utilisant OWL (Web Ontology Language), RDF (Resource Description Framework). Dans cette évolution par les outils numériques, les auteurs mettent en avant le Tri Hita Karana et le Desa Kala Patra qui sont des idées ancrées traditionnellement, utilisées dans le but d'organiser la connaissance et la rendre accessible et interactive. L'objectif principal consiste à rendre les savoirs accessibles en les replaçant dans un contexte culturel, afin de faciliter leur accueil par les visiteurs et d'aider à créer des musées où les gens peuvent participer (Pramartha et Davis, 2016).

L'utilisation de données ouvertes et de logiciels libres pour créer des expériences favorise l'échange et la collaboration avec des personnes non experts, ce qui favorise l'inclusion de tout le monde (Noehrer et al., 2021). D'autres technologies, plus avancées, telles que la RA combinée à l'internet des objets (IoT)²⁵, montrent un système qui fonctionne bien (par exemple, des lunettes Epson BT-300 avec un serveur qui identifie les objets) qui permet de voir en temps réel les informations provenant des objets connectés, c'est une façon de présenter les choses qui tient compte du contexte et qui peut être personnalisée (AlKishri et Al-Bahri, 2021). D'autres présentent une réalité augmentée mobile pour le patrimoine d'Oman, avec une intelligence artificielle qui reconnaît les objets, une superposition d'images historiques et une double interface (pour les visiteurs et le personnel), ce qui montre comment les musées peuvent être améliorés grâce à la réalité augmentée (Al-Jabri et al., 2023).

Dans cette évolution des méthodes, les travaux de Cogima et ses collègues (2019) sont essentiels pour comprendre comment intégrer les copies numériques dans des environnements construits complexes, comme les musées. En utilisant d'autres technologies de pointe comme la modélisation des informations du bâtiment (BIM), des capteurs IoT et l'analyse en temps réel, on peut créer des bâtiments intelligents, capables de s'adapter. Ce modèle n'est pas seulement pratique : il pose les bases d'une présentation dynamique au musée, où les bâtiments eux-mêmes participent à l'explication. Les données collectées permettent de régler la température, la lumière, le nombre de visiteurs, mais aussi les contenus numériques affichés,

selon le comportement des visiteurs. Le musée devient ainsi un espace intelligent qui réagit, où la mise en scène se développe en fonction de la visite (Cogima et al., 2019).

Enfin, certains travaux de Liu et ses collègues (2022) sont très importants pour appréhender la manière dont les installations immersives sont centrées sur le visiteur et comment elles affectent leur esprit et leurs sentiments. En s'appuyant sur des expériences menées dans des musées utilisant des systèmes interactifs et sollicitant plusieurs sens, les auteurs montrent que l'immersion mise en scène peut avoir un effet mesurable sur la mémorisation, l'émotion et la satisfaction des visiteurs. Ils insistent sur l'importance d'une conception méthodique rigoureuse, capable d'allier ergonomie, récit et interaction pour créer une expérience où le visiteur devient non seulement acteur, mais aussi co-créateur de sa visite. Cette approche confirme le changement de méthode du musée, qui passe d'un lieu où l'on regarde passivement à un environnement actif où l'on vit des expériences, centré sur le lien émotionnel et intellectuel entre la personne, l'objet et l'outil numérique (Liu et Sutunyarak 2024).

Afin d'approfondir notre réflexion, nous allons nous pencher plus en détail sur les nouvelles technologies qui permettent d'habiller et de visualiser les processus de modélisation dans la partie suivante.

1.5.2. Les modèles numériques du patrimoine : entre technologies de numérisation et dispositifs interactifs

La rencontre entre les nouvelles technologies et la muséologie a donné naissance à une approche résolument centrée sur le public, où l'engagement, la personnalisation et l'interactivité deviennent autant d'objectifs de conception que de moyens de médiation. Les musées abandonnent progressivement leur logique de simple collection pour privilégier des expériences construites autour des visiteurs, s'articulant autour d'un triptyque fondamental : Utilisateurs/Technologie/Contenu. Cette transformation s'appuie sur les réalités étendues (XR) et les serious games pour susciter l'émotion, narration et participation active (Doukianou et al., 2020).

Cette évolution accompagne la maturation théorique de la réalité virtuelle dans les sciences humaines et sociales, où elle s'impose à la fois comme objet d'étude, application pratique et méthode de recherche, ce qui justifie son utilisation comme instrument de médiation contrôlée (Fox, Arena et Bailenson, 2009).

L'avènement du numérique a considérablement enrichi et diversifié les outils immersifs. Initialement, les dispositifs muséaux s'appuyaient principalement sur des techniques de projection, permettant de recouvrir les surfaces architecturales de contenus visuels et sonores. Ces premières expériences, bien que ne permettant pas une immersion totale, exigeaient déjà une certaine participation des visiteurs et s'intégraient à ces spectacles au contenu narratif limité (Allal-Chérif, 2022). Au moyen de collaborations entre scénographes, médiateurs, techniciens et de retours des publics, les prémices de l'expérience immersive numérique ont progressivement pris forme.

Dans des contextes patrimoniaux spécifiques, les technologies de réalité augmentée, de réalité virtuelle et d'intelligence artificielle élargissent l'accessibilité, favorisent le recueillement et réenchangent la visite, tout en soulevant des questions d'acceptabilité, de coûts et d'effets physiologiques. Cette perspective critique nous rappelle que l'immersion relève autant de la dramaturgie et de la médiation que de la technologie : la qualité de l'accompagnement module la relation à l'œuvre autant que sa fidélité visuelle (Rueda et al., 2024).

L'arrivée de la réalité augmentée a marqué un tournant décisif. Selon la définition de l'ISO (International Organization for Standardization), la RA superpose des éléments virtuels au monde réel, visibles via smartphones, tablettes ou lunettes spécialisées (Google Glass 2011 - 2015). Distincte de la réalité virtuelle par ses objectifs et ses usages, elle enrichit la perception des visiteurs en apportant des informations contextuelles sans pour autant permettre une immersion totale, sauf effort mental particulier de la part de l'utilisateur.

D'un point de vue technique, les technologies immersives s'inscrivent dans un continuum allant du réel augmenté à l'immersion complète, mobilisant un écosystème d'interfaces et d'artefacts numériques. Cette taxonomie permet d'aligner les choix techniques avec les objectifs de médiation : superposition contextuelle pour la RA, substitution scénarisée pour la RV, et interaction mixte pour la réalité mixte (La rédaction TechTarget, 2018).

L'exposition « *Top Modèles* » (2020-2021) au musée des Arts et Métiers de Paris illustre parfaitement l'usage de la réalité augmentée pour valoriser les collections. Grâce à des tablettes ou smartphones, les visiteurs peuvent scanner les machines exposées pour en découvrir le fonctionnement détaillé. La technologie, développée par la start-up Muséopic, reconnaît automatiquement les œuvres et diffuse des contenus multimédias adaptés.

Le développement des casques de réalité virtuelle a permis d'atteindre un niveau d'immersion bien supérieur. Depuis les premières expérimentations d'Ivan Sutherland en 1968 jusqu'à l'essor commercial à partir de 2014, cette technologie offre désormais une expérience multisensorielle complète. En plongeant le visiteur dans des environnements numériques interactifs, cette technologie permet de recréer des sites historiques avec une fidélité saisissante et de les explorer comme s'ils y étaient véritablement (Gélinas, 2014).

Au-delà de la simple reconstitution, les avancées en télé-immersion 3D temps réel ouvrent des perspectives inédites de co-présence pédagogique ou chorégraphique sans recours à des avatars simplifiés (Kurillo et al., 2008). Ces environnements, ancrés dans la captation de gestes et de pratiques vivantes, prolongent les formes traditionnelles de transmission patrimoniale vers des modes interactifs et collectifs.

L'intégration de l'intelligence artificielle ajoute une dimension supplémentaire en personnalisant et dynamisant l'expérience. Les agents conversationnels, par exemple, peuvent guider les visiteurs et répondre à leurs questions en temps réel, comme l'illustre l'Historial Jeanne d'Arc en Normandie. Dans ce monument historique, les murs prennent vie grâce à des projections de mapping vidéo, tandis que les visiteurs peuvent dialoguer avec une reconstitution de Jeanne d'Arc alimentée par les capacités de ChatGPT et documentée par des historiens.

La numérisation des artefacts connaît également une démocratisation grâce à des pipelines photogrammétriques accessibles, permettant même aux petites institutions de développer des pratiques de numérisation 3D reproductibles (Apollonio et al., 2021). Aussi, les vitrines holographiques de type Pepper's Ghost démontrent comment récit, son et lumière peuvent contextualiser l'objet tout en préservant sa centralité (Pietroni et al., 2019). De même, les clips de réalité augmentée in situ articulent parcours narratifs modulaires et manipulation 3D pour faciliter l'apprentissage de contenus abstraits (Spadoni, et al., 2022). Et la géolocalisation couplée à la RA/RV permet d'ancrer les récits historiques dans leur site d'origine, avec une double vue carte/terrain qui densifie la relation mémoire-lieu et optimise la compréhension (Thiburce, Doulfaquar et Lascar, 2024).

En définitive, les technologies immersives rendent l'espace muséal modulaire, adaptatif et co-construit avec les publics, reconfigurant la valeur patrimoniale à travers l'expérience vécue (Anthes et al., 2016). Contrairement aux musées traditionnels centrés sur la présentation d'objets sous vitrine, les musées immersifs sollicitent le corps et les sens des visiteurs par la combinaison de différents outils numériques : projections mapping, réalité augmentée, réalité virtuelle et intelligence artificielle.

En alliant ces différentes spécificités, les musées immersifs font évoluer la muséographie en établissant une transmission du savoir qui s'appuie autant sur l'émotion et l'expérimentation que sur l'information. Leur évolution permanente, tirée par le numérique, participe à la création d'un espace vivant, modulaire et mouvant qui transforme profondément les modalités de transmission et de valorisation du patrimoine culturel.

L'arrivée des tablettes dans le domaine de la vision augmentée s'inscrit naturellement dans la continuité des évolutions entre réalité augmentée et réalité virtuelle, comme l'ont remarqué

certaines auteurs, le couplage tablette/vision augmentée s'inscrit dans un continuum RA-RV (Anthes et al., 2016). Cette approche prend en compte les aspects pratiques tout en rendant ces technologies accessibles à des publics variés.

En associant géolocalisation et technologies immersives, on parvient à ancrer les récits historiques dans leurs lieux d'origine, créant un dialogue fécond entre carte et territoire tout en tenant compte des incertitudes historiques (modèles « *Maître* » vs « *Exposition* »). Cette spatialisation du savoir renforce le lien entre mémoire et lieu, rendant la compréhension plus intuitive pour les visiteurs (Pacheco et al., 2014).

Les nouvelles technologies modifient profondément l'espace muséal, le rendant flexible, évolutif et co-construit avec les publics (Hakvoort, 2013). Cette mue répond aux attentes contemporaines d'implication et de participation, créant une convergence inédite entre la culture, le divertissement et le numérique. Là où les musées traditionnels présentaient des objets figés sous verre, les musées immersifs misent sur des dispositifs qui engagent le corps et les sens. D'ailleurs, plusieurs outils numériques se combinent : les projections vidéo qui transforment l'espace physique en environnement visuel et sonore mouvant, la réalité augmentée qui enrichit notre perception du patrimoine, la réalité virtuelle qui immerge le visiteur dans des univers fictionnels interactifs, et l'intelligence artificielle qui adapte l'expérience à chaque profil.

En mariant ces approches, les musées immersifs révolutionnent la transmission des savoirs en accordant autant de place à l'émotion et à l'expérience qu'à l'information proprement dite. Leur évolution constante, portée par le numérique, génère un espace vivant et modulable. En sollicitant l'émotion par des ressorts sensoriels, ils transforment en profondeur notre manière de valoriser le patrimoine.

Cette faculté d'adapter en permanence aux attentes des visiteurs et aux innovations technologiques positionne les musées immersifs comme des acteurs clés dans la transmission d'un patrimoine culturel dynamique et inclusif. Pour bien comprendre leur rôle, il nous faut cependant préciser ce que nous entendons par patrimoine et quelles motivations nous animent à le valoriser, le préserver et le partager.

1.6. CONCLUSION DE LA SECTION

Les réflexions que nous avons explorées jusqu'ici dépassent une simple façon de voir le numérique dans les musées. Elles offrent des idées et des pensées plus vastes où l'expérience qui plonge le visiteur au cœur du sujet devient un élément qui révèle des difficultés, des possibilités, des pouvoirs, des suppositions, mais aussi de nouveaux devoirs pour les institutions culturelles. Le musée, dans ce cadre, n'est plus un endroit immobile et destiné uniquement à la conservation et à la transmission sélective, il se transforme en un lieu vivant, un endroit de création partagée de la connaissance et de la participation des visiteurs, un espace idéal pour tester les humanités numériques, au point de rencontre des technologies, de la communication, de la morale (éthique) et de l'implication des citoyens.

Comme le montre Digital Humanities Quarterly (2010), les humanités numériques créent un « *domaine varié et en développement constant* », qui relie : les pratiques habituelles des sciences humaines aux occasions offertes par les technologies. Elles ne se limitent pas à l'emploi d'outils numériques, mais remettent en question en profondeur la façon dont les connaissances sont créées, diffusées et comprises. Dans le milieu des musées, cela se manifeste par des méthodes inédites de narrer le passé, d'intégrer les visiteurs, et de concevoir les aspects que peut revêtir un héritage culturel actuel.

Ainsi, les humanités numériques sont vues comme des actions qui croisent plusieurs domaines, où une collaboration opère entre l'homme et la machine, montrant un contexte où le papier n'est plus le moyen de communication principal. Le musée immersif représente bien ce changement : il devient un lieu qui fait appel à tous les sens, où l'on peut agir, basé sur des calculs, où l'histoire prend vie sous des aspects variés, mélangeant informations, histoires, sons, photos, et parfois même des programmes informatiques intelligents. L'objectif n'est plus seulement d'exposer, mais de susciter des émotions et des réflexions, de mettre en place des itinéraires de compréhension adaptés à chacun et d'ajuster les histoires à différents types de visiteurs.

Bien plus qu'une simple tendance, ce changement fait partie d'une histoire plus longue. Les humanités numériques ont été créées par la combinaison des sciences informatiques et des sciences humaines et sociales, et leur développement actuel montre qu'elles continuent de se développer : les façons dont les musées utilisent les outils numériques ne sont pas juste des améliorations techniques, mais des éléments culturels importants, avec des significations, des questions sociales et des conflits politiques.

Par conséquent, les musées doivent agir comme des penseurs critiques sur les questions du numérique et de son intégration, en veillant à la façon dont ils présentent les choses, aux normes informatiques qu'ils utilisent et aux histoires qu'ils racontent. L'immersion, la réalité augmentée ou les avatars virtuels n'ont de sens que si on le fait de manière honnête, claire et ouverte à tous, où le visiteur n'est pas juste un observateur, mais quelqu'un qui ressent et comprend.

Ce paradigme qui engendre un changement de pensée signifie aussi qu'il faut redéfinir les métiers de la culture. Le numérique demande des compétences variées : entre conserver et créer, coder et raconter, chercher et expliquer. C'est une nouvelle façon de penser, de faire et de ressentir qui apparaît, qui demande de toujours de tenir compte de ce que vivent les gens, aux différentes cultures et aux façons d'inclure tout le monde.

De ce fait, il faut s'intéresser à l'articulation d'un musée immersif et aux effets qu'il induit chez les visiteurs. Avant d'aller plus loin dans notre travail, nous allons proposer une définition du dispositif, comprenant sa conception, sa composition et ses objectifs. A cet effet, nous allons observer plusieurs points nécessaires : (1) le système global, (2) le système superficiel (contenant), (3) le système profond (le contenu), (4) les éléments connexes. Ainsi, nous définirons sa nature et sa déclinaison. La décomposition de ces éléments va nous permettre de mieux comprendre comment le dispositif est créé et les différentes formes qu'il revêt.

SECTION 2 : Proposition de définition du musée immersif : dispositif numérique

2.1. Approche conceptuelle de l'expérience dans le champ muséal

Dans le contexte de la conception d'expériences interactives complexes, notamment dans les dispositifs muséaux immersifs, le cadre conceptuel proposé par Benford et ses collègues (2015) se révèle particulièrement pertinent. Ces auteurs proposent de développer l'idée de « *trajectoires* » pour étudier des expériences utilisateur hybrides intégrant des espaces physiques et numériques, ce qui multiplie les rôles, les interfaces et les temporalités imbriquées. Cette analyse se concentre sur l'étude de quatre dispositifs expérimentaux : *Desert Rain*, *Uncle Roy All Around You*, *Fairground: Thrill Laboratory* et *Day of the Figurines*, ils définissent la trajectoire comme un parcours cohérent et structuré dans une expérience donnée, co-construit avec le visiteur et la logique narrative et organisationnelle prédéfinie par les concepteurs.

Ce cadre met en lumière différents aspects fondamentaux : les structures hybrides (espaces, temps, rôles, interfaces), les transitions clés (entrées, sorties, changements de rôle, passages d'un monde à un autre, évolutions temporelles), et la tension entre la trajectoire canonique, c'est-à-dire celle projetée par les concepteurs, et la trajectoire issue du vécu subjectif de l'utilisateur. Ce besoin de changement demande une organisation délicate qui cherche à accorder le but de la création et ce qui est vraiment vécu. Le lien entre ces évolutions peut aussi aider ou gêner les échanges entre les personnes, en créant des relations de mélange ou de séparation selon le niveau d'accord permis par le système.

Ce modèle théorique trouve une application directe dans le champ des musées immersifs, où la conception des expériences s'articule autour d'un parcours narratif et sensoriel personnalisé. Il aide ainsi à mettre en forme les manières de créer des liens avec l'expérience vécue, de guider les choix technologiques et scénographiques, et de favoriser une convergence interdisciplinaire entre les domaines. In fine, Benford et ses collègues (2015) visent à établir une composition de l'interaction et posent les fondements d'un langage commun pour la conception d'expériences culturelles immersives et engageantes.

Dans une perspective complémentaire, les travaux de Kirchberg et Tröndle (2015) sur le projet eMotion: Mapping the Museum Experience s'inscrivent dans une approche interdisciplinaire visant à comprendre les réactions des visiteurs face à l'art en contexte muséal. Ils identifient trois types d'expériences en musée à l'aide de méthodologies issues des sciences sociales, de la psychologie et des sciences cognitives, notamment à l'aide d'un dispositif de capture de données physiologiques et comportementales. Ces trois expériences sont les suivantes : contemplative, enthousiasmante et sociale. Contrairement à ce que supposaient les approches traditionnelles, ces parcours d'expérience ne se définissent pas simplement par des caractéristiques socio-démographiques ou des attentes préalables. Ils naissent plutôt de l'interaction vivante entre le visiteur, l'exposition elle-même et l'environnement immédiat, qu'il s'agisse de la qualité de la scénographie, du confort des espaces ou des échanges entre les visiteurs. Cette nouvelle perspective nous invite à repenser fondamentalement la conception des expositions, qui peut véritablement influencer et façonner les expériences des publics en créant des cadres favorisant la réflexion personnelle, l'émotion ou le dialogue. Dans l'univers des musées immersifs, cette approche s'avère particulièrement précieuse pour mieux comprendre la diversité des publics, adapter les outils de médiation et imaginer des expériences sensorielles qui résonnent avec les comportements et aspirations observés sur le terrain.

Giugliano et Laudante (2019 ; 2020) nous invitent à réfléchir à la place du design dans la rencontre entre les technologies numériques et la valorisation du patrimoine culturel. Leur analyse prospective montre comment des outils tels que la réalité augmentée, les hologrammes ou les interfaces interactives transforment profondément notre rapport à la culture. Ces innovations ouvrent la voie à des expériences personnalisées, immersives et multisensorielles, rendant la médiation culturelle plus accessible tout en élargissant les publics.

Plus qu'un simple outil, le design muséal devient ici un véritable moteur d'innovation, créant des ponts naturels entre les visiteurs, les technologies et le patrimoine. Les auteures défendent une approche globale qui prend en compte à la fois les objectifs culturels, l'inclusion et la pérennité des institutions muséales. Les technologies immersives apparaissent alors non pas comme de simples gadgets, mais comme de véritables leviers de transformation pour les musées, faisant évoluer leurs missions de transmission, de conservation et de partage.

En définitive, ces différentes perspectives nous aident à imaginer les musées immersifs non plus comme de simples lieux d'exposition améliorés par la technologie, mais comme des écosystèmes vivants où se croisent narration, interaction, design et engagement sensoriel.

Afin de poursuivre notre travail, nous devons prendre le temps d'étudier les mécanismes du dispositif d'immersion. Pour ce faire, nous allons aborder plusieurs angles complémentaires, intégrant des disciplines telles que la neuropsychologie. En effet, nous avons besoin de comprendre le fonctionnement du cerveau humain pour saisir comment le dispositif influence la réception du savoir et permet un apprentissage et un ancrage des connaissances plus efficace.

Dans un premier temps, nous aborderons l'approche conceptuelle de l'immersion, en mobilisant les notions de simulation neuropsychologique et d'immersion narrative. Le but est d'obtenir une meilleure compréhension des processus perceptifs et cognitifs qui engagent le visiteur.

Nous poursuivrons ensuite avec une analyse théorique de l'expérience où nous observerons les différentes corrélations entre immersion, mémoire, émotions et ancrage des connaissances, pour comprendre comment les dispositifs immersifs favorisent l'apprentissage. Enfin, cette réflexion permettra de poser les bases d'une définition du musée immersif.

2.2. Approche conceptuelle de l'immersion dans le champ muséal : simulation neuropsychologique et immersion narrative

La neuropsychologie, explore les relations entre les différentes régions cérébrales et les facultés intellectuelles les plus élaborées parmi lesquelles on peut compter : la mémoire, le langage, l'attention, les émotions et les comportements. Ce constat a émergé à la suite de l'observation de patients présentant des lésions cérébrales. Aujourd'hui, la notion de neuropsychologie s'est élargie, allant des tests psychologiques classiques aux techniques d'imagerie médicale les plus sophistiquées (Montel, 2020). Ainsi, cette science se consolide grâce à une approche de recherche expérimentale, avec l'accompagnement des patients. Cette méthode nous permet de mieux saisir le fonctionnement normatif du cerveau tout en développant des solutions pour traiter les troubles cognitifs (Unité de Neuropsychologie de l'ULg, 2022).

Aidée par la psychologie et les neurosciences, la neuropsychologie étudie aujourd'hui différents problèmes comme ceux qui se déclenchent suite à un accident, ceux qui sont présents depuis l'enfance ou ceux qui empiront avec le temps, en évaluant précisément les capacités de pensée afin d'améliorer la vie des patients. Cette discipline voit la pensée comme un tout où les fonctions exécutives, les émotions et la façon dont nous pensons dans notre environnement forment un système complexe où tout est lié. Les technologies d'imagerie actuelles permettent d'étudier ces fonctions sans danger et d'améliorer nos idées sur la façon dont les humains pensent (Organisation Française des Psychologues spécialisés en Neuropsychologie, s.d.). Cela permet de voir la pensée comme un ensemble lié à son environnement, où les fonctions exécutives comme la planification, le contrôle de soi, l'adaptation et l'évaluation de soi fonctionnent ensemble avec les émotions, surtout lorsqu'on prend des décisions (comme l'a montré Damasio). Elle prend aussi en compte la manière dont nos pensées sont liées à notre environnement matériel et social, créant ainsi un système de pensée où tout le monde collabore (Raczy, s.d.). Grâce aux techniques d'imagerie, nous pouvons maintenant étudier ces fonctions du cerveau en toute sécurité et mieux comprendre comment la pensée fonctionne. Ces progrès nous aident surtout à comprendre l'importance du cortex frontal dans le contrôle de soi (Centre Ressource Réhabilitation Psychosociale, 2023).

Ce socle théorique éclaire la conception d'expériences muséales immersives qui sollicitent simultanément nos capacités perceptives, attentionnelles, exécutives et émotionnelles. Les scénographies les plus efficaces privilégient une approche écologique et multimodale,

favorisant l'encodage des informations, leur consolidation en mémoire et la prise de décision au sein de parcours narratifs structurés.

Les recherches actuelles établissent une distinction fondamentale entre l'immersion technique, cette capacité d'un système à isoler et amplifier nos perceptions sensorielles, et la présence, cette impression subtile d'être véritablement dans un lieu. Deux perspectives émergent : l'une centrée sur ce que l'utilisateur perçoit concrètement, l'autre sur la manière dont l'interface transforme notre rapport au monde. Les spécialistes nous invitent aujourd'hui à dépasser l'idée simpliste selon laquelle davantage de stimuli équivaldrait à davantage d'immersion, en considérant plutôt le rôle actif du spectateur, l'histoire des médias et l'importance de la mise en scène.

Dans le domaine littéraire comme dans notre expérience quotidienne, trois concepts se détachent : l'immersion comme enrichissement sensoriel, la présence comme sensation d'être ailleurs, et ces multiples facettes du réel qui sollicitent à la fois nos sens et nos émotions. On observe effectivement deux approches distinctes : la première privilégie l'expérience perceptive immédiate, tandis que la seconde s'intéresse à la manière dont l'interface modèle nos sensations (Burkhardt et al., 2003).

Les critiques contemporains nous engagent à abandonner cette équation quantitative entre stimuli et immersion. Il nous convient plutôt de reconnaître la part active du public, d'intégrer l'héritage médiatique, avec ses notions de flux et d'effets de réel, et de considérer la diversité des dispositifs scéniques. Pour susciter l'investissement émotionnel, la présence doit être authentique. Il s'agit de concevoir des environnements virtuels capables d'éveiller des émotions précises, sans compromettre l'impression d'être là. Dans cette perspective, l'analyse des marqueurs biologiques, comme l'activité électrodermale, nous amène à nous interroger : peuvent-ils réellement témoigner objectivement de ces états affectifs ? (Felnhofer et al., 2015). Sur le plan théorique, l'immersion s'enrichit par la densité sensorielle et par des environnements pensés pour stimuler le cerveau à l'instar du réel. Cette approche, s'inspirant du fonctionnement cérébral, cherche à créer des expériences crédibles tout en tenant compte des limites techniques et attentionnelles. Quant à la coprésence, elle repose sur la cohérence entre l'apparence et le comportement des avatars. Cette harmonie influence directement la distance sociale, la mémorisation des échanges et le degré d'implication des participants (Hoyt et al., 2005). Pour concevoir des expositions véritablement immersives, il importe de viser une synesthésie

organisée : vue, ouïe, toucher, odorat, parfois même le goût. L'enjeu n'est pas d'accumuler les stimuli, mais de construire une expérience cohérente où action et perception s'entrelacent naturellement, guidées par une scénographie qui canalise l'attention et donne sens à l'ensemble. Notre capacité à percevoir et réguler les signaux corporels internes, l'intéroception, joue un rôle central dans la construction de nos émotions, de notre identité et de nos comportements. Ces mécanismes s'appuient sur des réseaux neuronaux spécialisés, en particulier l'insula et le cortex cingulaire (Chen et al., 2018). Les dispositifs haptiques, tels que les gants à retour de force ou les exosquelettes, activent les sensations tactiles et kinesthésiques, renforçant le sentiment de présence (Perret et Vander Poorten, 2021). Les échanges, les gestes, la voix et les sensations enrichissent la visite muséale en la rendant plus intelligible et plus émotionnellement significative. Cette approche favorise l'accessibilité universelle et améliore le bien-être des visiteurs.

Les technologies multisensorielles peuvent décrypter nos attentes et nos ressentis à travers les couleurs, les matières, les sons et les odeurs, devenant ainsi de véritables outils de scénographie capables de créer des expériences profondes et mémorables (Velasco et al., 2018). La cartographie sensorielle révèle comment les odeurs et les sons structurent notre perception de l'espace quotidien, tout en encourageant de nouvelles formes de médiation participative (McLean, 2023). Ainsi, concevoir l'exposition comme un environnement sensoriel, avec des zones olfactives ou sonores, par exemple, complétées par des outils haptiques et une guidance émotionnelle, améliore l'engagement et la mémorisation.

Il est préférable d'envisager l'apprentissage immersif dans sa dimension contextuelle, où savoirs, situation et collectif s'entremêlent (Schuh et Barab, 2007 ; Nelson, 2007 ; Nelson et Erlandson, 2008). L'efficacité des environnements dépend d'une médiation claire qui articule objectifs, récit, interactivité et évaluation (Feldon et Kafai, 2008). Le principe de modalité montre qu'un feedback audio plutôt que textuel allège la charge cognitive et améliore les performances dans les tâches complexes (Fiorella et al., 2012). Les approches hybrides mêlant réel et numérique stimulent l'exploration, la participation et la mémorisation. Les narrations émotionnelles, utilisant réalité augmentée et performance, transforment la transmission d'informations en souvenir vécu (Dima et Maples, 2021). Les systèmes XR/AR/VR et les serious games permettent la personnalisation, l'usage d'agents conversationnels et la durabilité technique (cloud/5G), tout en garantissant l'accessibilité (Doukianou et al., 2020). Dans le cadre

du musée immersif, il importe de privilégier des objectifs pédagogiques clairs, un récit interactif et des retours multisensoriels, tout en développant rapidement des outils concrets et inclusifs.

La réalité virtuelle peut provoquer des émotions comparables au réel, avec des réponses physiologiques spécifiques et un rôle important de la connectivité cérébrale (Marín-Morales et al., 2019). Une bonne coordination visuo-audio-motrice favorise la concentration, la présence et la mémorisation. L'étude de l'impact cérébral de l'art révèle comment œuvres et scénographies affectent nos émotions, notre émerveillement et notre capacité de distanciation, même dans des contextes nouveaux (Atreya et Dhar, 2024). Les environnements immersifs activent les circuits cérébraux du plaisir et de la réflexion personnelle, favorisant l'adaptation et bénéficiant aux personnes neuroatypiques (Hutson, 2025 ; Hutson et Hutson, 2024). L'expérience se vit comme un récit : la richesse des détails sensoriels facilite l'encodage, le rappel et la consolidation mnésique, mobilisant l'hippocampe et le cortex préfrontal. Les parallèles avec le rêve soulignent le rôle des émotions dans la mémorisation et la créativité (Legrand et al., 2016). La réalité virtuelle modifie notre attention et nos émotions (état de flow) et peut reconfigurer les stratégies cérébrales pour atteindre des objectifs émotionnels et mnésiques (Villemin et al., 2021).

La personnalisation des avatars et l'identification renforcent l'empathie, la compréhension et la mémorisation (Ahn et Bailenson, 2011 ; Fox et Bailenson, 2009). Le sentiment de présence prédit l'imitation comportementale post-expérience (Fox et al., 2009). La visualisation en 3D en temps réel (par multicaméras) renforce l'incarnation corporelle et permet une exploration collaborative du patrimoine (Kurillo et al., 2008). Globalement, la réalité virtuelle transforme les réponses psychocorporelles et fait des musées des lieux d'interaction émotionnelle (Fox et al., 2009). Le comportement et l'apparence des personnages virtuels influencent la sensation de compagnie et la mémoire des interactions (Hoyt et al., 2005). Ainsi, l'utilisation des avatars réalistes et personnalisables, des échanges synchrones ou asynchrones, et une présence graduelle, améliorent l'implication et les effets durables.

Pour une expérience équitable entre personnes sourdes et entendantes, il faut convertir les informations sensorielles (en vibrations, par exemple) et concevoir des espaces universellement accessibles (Witter et al., 2022). Les méthodes adaptatives (suivi oculaire, EEG, reconnaissance faciale) permettent des parcours sur mesure qui respectent les singularités cognitives et émotionnelles (Nappi et al., 2023). Les expositions multisensorielles et participatives, telles que celles de Grande Experiences et teamLab, renouvellent l'engagement, l'attention et la mémorisation (Pan, 2021). Il est donc nécessaire de co-concevoir avec les publics, d'adapter

l'expérience en temps réel et proposer des modalités sensorielles alternatives (visuelles, tactiles, vibratoires).

La façon dont nous nous orientons dans les musées (cartes mentales, signalétique, mémoire des parcours) mobilise perception, mémoire, décision et sens (Jacob et al., 2018). Les environnements virtuels permettent d'étudier finement les stratégies de navigation (égo-centrées/allocentrées) et les représentations spatiales (repères, itinéraires, configurations), utiles pour les seniors et les personnes atteintes d'Alzheimer (Taillade et al., 2014). Les tâches en appartements ou cuisines virtuelles révèlent des difficultés d'organisation subtiles ; transposées aux musées, ce réalisme favorise l'appropriation et l'autonomie (Nolin, 2025 ; Pennec, 2019 ; Le Foll, 2019). Améliorer la compréhension spatiale, la conscience corporelle et les repères multisensoriels (vue, ouïe, toucher) permet de faciliter l'orientation, le bien-être et la mémorisation.

Dernièrement, les deepfakes et l'IA générative proposent de nouvelles possibilités d'immersion (recréation de voix et visages, personnages interactifs), mais soulèvent des enjeux juridiques (droit à l'image, copyright), de désinformation et de création. L'IA dans la création immersive devient partenaire créatif et outil artistique, interrogeant son origine et sa transparence (Cité des sciences et de l'industrie, 21 mai 2024). Les formations immersives en compétences en IA mettent en avant l'apprentissage par projet, l'éthique et la gestion (SKEMA Business School, 2025). L'imagination technoscientifique (science-fiction, « *promotion de technologies parfaites* ») stimule l'innovation et l'acceptation des casques et des combinaisons sensorielles (Michaud, 2017), tandis que le regard sur le réel et le désir d'évasion expliquent l'attrait pour ces expériences (Cattan, 2021).

La réalité virtuelle est utilisée pour atténuer la douleur et réguler les émotions par la focalisation de l'attention (Villemin et al., 2021). Sur le plan visuel, la stéréoscopie, le suivi de tête et la projection 360° créent l'impression de présence, malgré certaines limites (qualité d'image et distorsion) (Gatinel, 2022). En rééducation cognitive, la réalité virtuelle propose des situations écologiques, motivantes et mesurables (ex : VAP-S pour les fonctions exécutives), applicables à la médiation patrimoniale (Klinger, 2014). La réalité virtuelle clinique n'aggrave pas les symptômes schizophréniques et peut améliorer le sentiment d'agentivité et la conscience corporelle, ce qui inspire des dispositifs muséaux engageants et accessibles (Lallart et Jouvent,

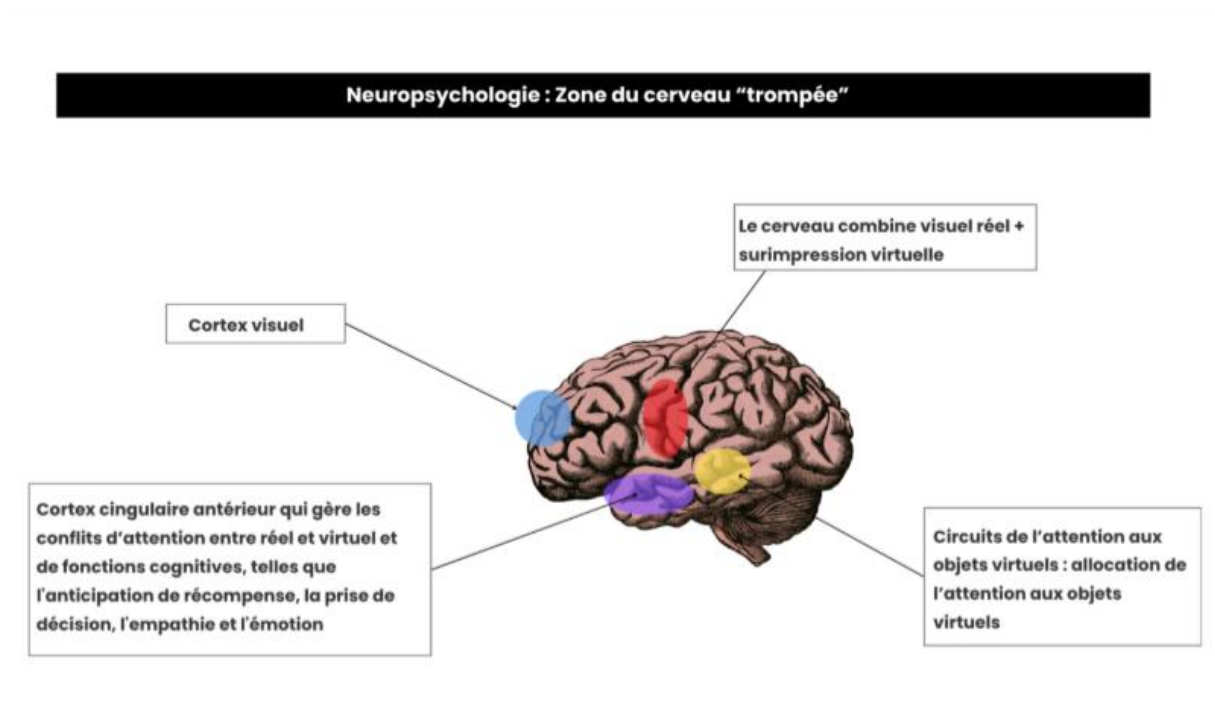
2008). Les environnements immersifs éducatifs favorisent l'empathie, la mémorisation et les changements comportementaux mesurables (ex : *Becoming Homeless* ; acidification des océans) (Vacaflor et Lima, 2020). Il apparaît dès lors d'établir des cadres éthiques sur la provenance des contenus et le consentement, d'explicitier les objectifs pédagogiques et d'évaluer les impacts comportementaux à long terme.

Les projets « *phygital* » (Art Forest, Muck Hunt!, Grabbit, Paint 'n' Play) montrent comment intégrer objets réels, capteurs simples (RFID, boutons) et enrichissements numériques pour renforcer l'intérêt et la mémorabilité (Richardson, 2024). Les expériences in situ en réalité mixte, avec avatars émotionnels, récits interactifs et co-conception (personas, parcours utilisateurs) amplifient l'apprentissage et l'émotion (Olaz et al., 2022). Les reconstitutions historiques (ex : *ArkaeVision Archeo*) combinent narration, interaction corporelle et précision sensorielle pour créer sentiment de présence et appropriation (Pagano et Palombini, 2020). Les musées virtuels bénéficient d'une conception centrée utilisateur (XR/AR/VR, agents, personnalisation) mais doivent anticiper accessibilité, pertinence des contenus et durabilité (Doukianou et al., 2020). Les musées immersifs utilisent le prototypage rapide, des indicateurs d'expérience (présence, charge cognitive, émotions) et travaillent avec des équipes pluridisciplinaires (historiens, designers, ingénieurs, soignants).

La mémoire prospective (se souvenir de ce qu'on doit faire) est meilleure dans des environnements sensoriels et émotionnels riches ; les décors dynamiques facilitent l'imagination et la réactivation ultérieure. Le modèle PEOP replace la personne au cœur de l'interaction entre individu, environnement, occupation et performance, justifiant l'adaptation de la complexité et la personnalisation (Pennec, 2019). Appliqué aux musées immersifs, ce cadre invite à prévoir des actions à accomplir (micro-intentions), des retours différés (souvenirs, notifications) et des systèmes d'auto-régulation (objectifs personnels, traces de visite). Les apports de la science-fiction à notre imaginaire technologique (Michaud, 2017) et à la « *réalité montrée* » (Cattan, 2021) éclairent l'acceptation de ces outils. Les réflexions sur la vision en casque (Gatinel, 2022) explicitent les bases techniques de la présence. Le lien entre usages thérapeutiques, éducatifs et patrimoniaux (Klinger, 2014 ; Villemin et al., 2021) propose une visite muséale qui touche le sens et le cerveau, attentive aux personnes neuroatypiques (Hutson, 2025 ; Hutson et Hutson, 2024) et aux conséquences à long terme.

En synthèse, ces recherches nous invitent à concevoir les musées immersifs comme des lieux qui parlent aux sens et à l'esprit : denses en sensations mais significantes ; crédibles socialement et réalistes ; situés et pédagogiques ; inclusifs et adaptatifs ; transparents sur l'usage des images

synthétiques ; évalués par méthodes multiples (subjectives, physiologiques, comportementales) ; compréhensibles spatialement ; et nourris de savoirs pluridisciplinaires. Cette vision connecte directement les mécanismes cérébraux, de l'attention à la mémoire épisodique, en passant par la conscience corporelle et l'agentivité, aux ambitions et responsabilités des musées immersifs contemporains. Nous avons créé un schéma qui permet de mieux visualiser les zones sollicitées lors d'une expérience immersive (partielle ou totale), ainsi nous proposons un schéma qui explicite les zones « trompées » du cerveau humain.



Si l'on comprend désormais mieux comment notre cerveau et notre corps s'engagent dans une expérience immersive. Mais une question essentielle demeure : quel impact cette immersion a-t-elle sur notre mémoire, nos émotions et notre façon d'apprendre ? C'est précisément ce lien fascinant entre l'immersion et l'apprentissage que nous allons maintenant explorer.

2.3. Expérience et immersion : Mémoire, émotions et ancrage des connaissances

De manière générale, la technologie contribue au développement des connaissances sur un sujet. Si ces derniers temps les arts et la culture ont suscité un intérêt croissant, grâce notamment aux humanités numériques, il s'avère que cette tendance à la reconstitution numérique des sites historiques et des lieux de patrimoine afin de permettre une immersion dans une culture

artistique, historique ou étrangère, s'applique de plus en plus dans l'optique d'une portée plus grande. Ainsi, une recherche sur les applications des technologies de réalité virtuelle a été menée dans les manifestations de musées immersifs et/ou de musées virtuels, et cela a permis d'entrevoir ces dispositifs comme des outils permettant de renforcer l'apprentissage (Hutson, Olsen, 2021).

Radianti, Majchrzak, Fromm et Wohlgemuth (2020) ont mené des études sur les utilisations éducatives des technologies telles que la réalité virtuelle, et ils ont basé leur réflexion sur trois lignes de travaux, à savoir le paysage vécu au sein du champ, la construction du contenu d'apprentissage et les éléments de structuration de la conception en réalité virtuelle ; ainsi, ils ont pu élaborer des théories d'apprentissage (comme savoirs de bases propices à l'élaboration d'actes d'apprentissage réussis par la RVE) outre, les études précédentes avaient montré une relation positive entre la technologie immersive et l'apprentissage. Certains chercheurs ont fait remarquer, comme Bowman (1998) qui a observé le plaisir d'apprendre des élèves par cette technologie, ou Huang, Rauch et Liaw (2010) concernant l'apprentissage plus profond et la rétention du savoir à long terme via l'expérimentation de la RV, etc. Dans les musées, on peut noter que les temps et phases de l'intégration technologique avancent en parallèle avec d'autres activités comme l'évolution numérique des smartphones ou les développements des consoles de jeux utilisant la technologie des capteurs de mouvement comme en RV ou en RA avec parfois des écrans tactiles.

Le tout premier modèle opérationnel qui nous a instruits sur les réels enjeux de la RV et ses bénéfices en éducation a été, en 1999, le projet Science Space, piloté par Salzman, Dede, Loftin et Chen, qui, dès lors, a envisagé la construction d'environnements virtuels immersifs pour la diffusion et l'enseignement des disciplines scientifiques. L'apprentissage virtuel s'est doublé d'un projet devenu un modèle pour une évaluation éducativement efficace. L'idée la plus sagace de l'équipe a été de savoir, au-delà des simples interactions entre matériel, logiciel et utilisateur qui conditionnent une connaissance minimale des potentialités éducatives, articuler les incidents avec d'autres variables. Ainsi, la technologie qui comprenait 3 fonctionnalités : la création d'environnements 3D immersifs, de repères multisensoriels et de plusieurs cadres de référence, a contribué au succès relatif d'une expérience éducative intégrée en réalité virtuelle. Ces résultats ont été fondés sur des retours d'expérience des utilisateurs (UX)

Pour essayer de comprendre sur quoi se base la réussite des expériences immersives, Kauhanen, et al., (2017) ont proposé d'établir les caractéristiques permettant de décrire les catégories qui contribuent au succès d'une expérience sont : immersion, présence, désorientation, sentiment de contrôle, plaisir, exploration et mal du simulateur. L'environnement d'apprentissage virtuel de chaque apprenant est unique, et les structures qui souhaitent répondre à des objectifs d'accessibilité et d'apprentissage doivent réfléchir à la manière dont l'application ou l'expérience choisie contribue à l'atteinte, au renforcement ou à l'appui de ces objectifs. Ensuite, les modalités prenant en compte les caractéristiques individuelles des apprenants doivent être étudiées et des expériences alternatives doivent être proposées à toute personne susceptible de souffrir du mal de la RV.

L'immersion et plus particulièrement la réalité virtuelle (RV), sont de plus en plus largement adoptée par divers organismes muséaux et le contenu virtuel devient tout aussi rapidement disponible pour les visiteurs. La technologie de réalité virtuelle, étant une forme de média relativement nouvelle pour les visiteurs, présente un risque d'atteinte à l'intégrité de l'utilisateur. Par conséquent, si la première expérience dans un dispositif utilisant la technologie de RV se fait avec un contenu mal fait, les utilisateurs seront beaucoup moins enclins à utiliser à nouveau cette technologie (Kauhanen et al., 2020).

La RV permet aux experts et aux non-experts de vivre des expériences artistiques et culturelles. L'expérience immersive peut apporter de nouvelles perspectives, permettant aux visiteurs de musées de voir l'art d'une manière qu'ils ne pourraient pas voir dans la réalité. En outre, la RV peut offrir une expérience interactive et plus « *pratique* » des expositions culturelles que ce qui serait possible autrement ; la plupart des artefacts culturels sont exposés derrière des barrières et ne peuvent être touchés ou examinés de trop près. Les musées scientifiques, par exemple, offrent de nombreuses possibilités d'apprentissage par la pratique qui intriguent et captivent, et stimulent l'esprit des visiteurs (Carrozzino et Bergamasco 2010). La RV offre le potentiel d'apporter ces types d'expériences aux musées traditionnels, permettant aux visiteurs d'apprécier l'art et l'histoire d'une nouvelle manière sans mettre en danger les œuvres d'art elles-mêmes. Les expositions virtuelles dans les musées ne sont pas un concept entièrement nouveau (Lepouras et Vassilakis 2004 ; Styliani et al. 2009 ; Wojciechowski et al. 2004), mais avec la disponibilité croissante et la baisse du coût des technologies, le concept d'exposition virtuelle s'est développé. Au-delà des utilisations évidentes par les musées immersifs, la reproduction en 3D des objets semble compléter l'expérience muséale et ajouter de nouvelles façons d'apprécier et d'entrer en contact avec le musée (Hürst et al. 2016). La Nuit étoilée de Van Gogh est un

exemple élatant à ce propos. Lors de l'exposition qui s'est déroulée à Lille en 2024-2025, ce musée immersif a proposé une visite alliant répliques de toiles physiques, projections mapping et audio et a permis d'étendre l'image au-delà du cadre et des murs environnants dans un environnement 100% virtuel en fin de visite, en proposant pour quelques euros de plus, une immersion totale dans les tableaux du célèbre peintre. Les participants portant un dispositif de visualisation monté sur la tête (casque Meta Quest 3S) ont navigué dans plusieurs œuvres comme s'ils en faisaient partie, afin de comprendre chaque histoire et explication liée à chaque tableau présenté. Il est intéressant de noter que les participants ont indiqué une préférence pour ces environnements numériques par rapport aux environnements statiques connus dans le musée réel, cette préférence ne s'applique pas au contenu, mais à la forme donnée au contenu (l'exposition en mouvement et dynamique générée par les effets sonores et visuels). Il est vrai que nous pourrions nous demander si les effets supplémentaires détourneraient l'attention de l'œuvre d'art réelle ? Mais les participants présents lors de cette visite souhaitaient cet élément supplémentaire dans un monde entièrement virtualisé pour vivre l'expérience d'une œuvre d'art autrement. Les participants voulaient cette action supplémentaire afin de vivre une expérience en plus, pour compléter la visite en immersion partielle du début ; bien que le cadre d'un musée soit familier, l'élément inhabituel des peintures morphing et en mouvement crée un sentiment d'appartenance (Bosworth et Sarah 2019).

Également, la cognition qui implique le système cognitif ne peut être occulté dans cette réflexion. Le terme « *cognition* » est synonyme de « *connaissance* ». La psychologie cognitive ou psychologie de la cognition vise à comprendre la façon dont nous connaissons tout ce que la vie nous donne à rencontrer : le monde, les autres et nous-mêmes. Elle cherche à décrire le fonctionnement de ce que l'on peut appeler notre « *système cognitif* ». Ce système est composé de l'ensemble des processus mentaux par lesquels nous formons et nous utilisons nos connaissances. Parmi ces processus, on distingue notamment ceux qui sont impliqués dans nos activités de perception, d'attention, de mémorisation, de langage et de raisonnement. Ce champ de la psychologie aborde des questions fondamentales liées à l'organisation de notre vie mentale. Il cherche à comprendre les mécanismes qui nous permettent de percevoir, de mémoriser et, plus généralement, de penser les différentes composantes de ce monde. En étudiant les propriétés de notre système cognitif, ses capacités comme ses limites, il vise à une meilleure compréhension de notre conscience du monde et de nos activités de pensée qui s'articulent à chaque instant avec nos actions. La psychologie cognitive fournit également tout

un ensemble de réponses pratiques et concrètes sur bon nombre de nos activités quotidiennes pour lesquelles une connaissance des propriétés de notre système cognitif peut éclairer les attitudes ou les comportements à adopter face à certaines situations. Par exemple, pourquoi est-il dangereux de conduire et de téléphoner en même temps ? Pour aller plus loin dans notre explication, nous pouvons citer la définition officielle trouvée sur le CNRTL (Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales) : “A.– *PHILOS.* Qui concerne la connaissance. *Le champ cognitif ; l'activité cognitive; les facultés, les fonctions cognitives. Les opérations dont les intellects sont les principes, sont des opérations cognitives* (Gilson, *L'Esprit de la philos. médiév.*, t. 1, 1931, p. 190). *L'élément proprement cognitif de la perception* (Ricœur, *Philos. de la volonté*, t. 1, 1949, p. 315): ... sous le nom commun de pensée, il [Descartes] place indistinctement tous les *phénomènes de conscience, affectifs, volitifs, cognitifs*, parce qu'il lui suffit de la pensée en général pour y fonder sa doctrine. *Hist. gén. de la philos.*, 1861, p. 408.

– Qui est capable de connaissance. *Un être cognitif. Si, au lieu d'une conscience affective pure, je produis une conscience cognitive* (Sartre, *L'Imaginaire*, 1940, p. 97).

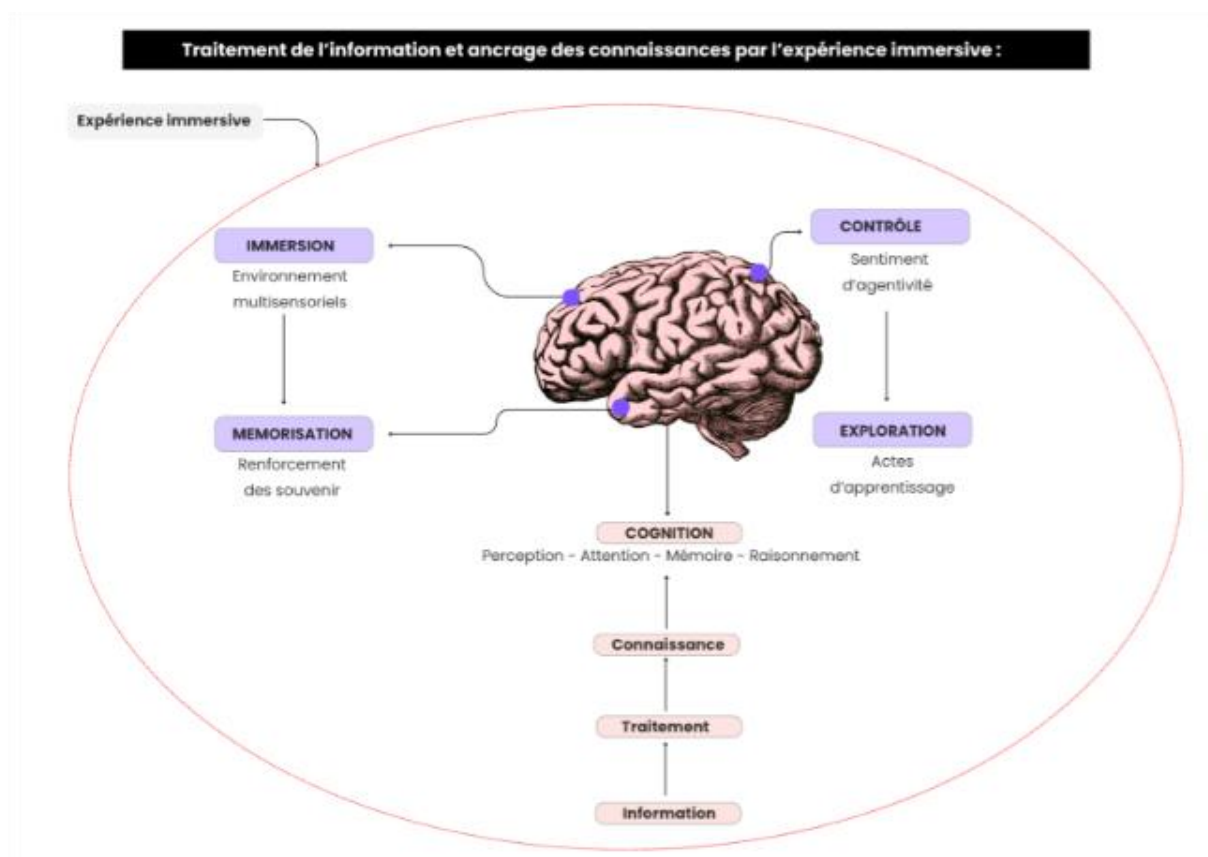
B.– *PSYCHOL. APPL.* Qui concerne les moyens et mécanismes d'acquisition des connaissances. *Système cognitif; aptitude, dissonance, structure cognitive.*

♦ *Test cognitif.* Synon. *Test de connaissance ou d'efficiencia (p. opposé au test d'aptitude).*

C.– *LING.* *Fonction cognitive ou référentielle du langage.* Fonction de communication se traduisant dans la langue par la phrase assertive servant à informer, à faire connaître une pensée à un interlocuteur » (Ling. 1972).”

Dans son sens philosophique, le mot « *cognitif* » désigne tout ce qui relève de l'activité de connaissance, c'est-à-dire les actions mentales par lesquelles on remarque, comprend, juge ou pense. On parle alors de capacités à connaître (comme l'intelligence, la façon de voir, la mémoire) ou encore d'actions pour connaître (comme rendre abstrait ou analyser). On voit cela chez Gilson (1931), qui lie les actions pour connaître aux règles de l'intelligence, ou chez Ricœur (1949), qui distingue un aspect « *proprement cognitif* » dans la perception. Cette approche philosophique du cognitif souligne que l'expérience immersive dans les musées peut être conçue comme une mise en activité de la pensée au sens large, comprenant la vision, la mémoire, le jugement, et non comme un simple fait de recevoir un contenu de manière passive. Elle regroupe une façon de penser personnelle et réelle (subjectivité cognitive incarnée), comme

l'ont montré les études sur la connaissance située et incarnée (Schuh et Barab, 2007 ; Chen et al., 2018). Dans le domaine de la psychologie cognitive, le mot « *cognitif* » est défini les mécanismes mentaux qui permettent d'apprendre, de traiter, de stocker et de restituer des informations. Cela comprend des fonctions telles que l'attention, la mémoire, le langage, la pensée ou encore le raisonnement. On parle alors de systèmes cognitifs, de formes cognitives, ou d'aptitudes cognitives. Cette définition est la base des tests cognitifs, qui évaluent l'efficacité et l'efficacité de l'intellect, contrairement aux tests d'aptitudes axés sur le potentiel. Cette définition permet de voir les dispositifs muséaux comme des moyens de rendre la connaissance active, en utilisant expressément des fonctions comme la mémoire des événements, la capacité à changer d'avis (Klinger, 2014), ou le contrôle de l'attention. Par exemple, les scénarios interactifs ou les parcours personnalisés influencent la manière de traiter l'information, stimulant ainsi l'apprentissage et le souvenir par la rétention mnésique. Pour une meilleure visualisation, nous avons créé deux schémas reprenant les composants de la cognition et la manière dont le système cognitif traite l'information à des fins d'apprentissage. Enfin, dans le domaine du langage, le rôle cognitif est lié à son rôle de référence, c'est-à-dire à sa capacité à informer ou à transmettre une pensée. Cela se voit dans la grammaire avec les phrases qui affirment, qui ont pour but de transmettre un message à un destinataire. Cette dimension du langage cognitif rappelle que le fait de transmettre le savoir par le biais de dispositifs immersifs passe aussi par des formes de narration ou d'affirmation, qu'il s'agisse d'avatars narrateurs (Olaz et al., 2022), de récits scénarisés (Dima et Maples, 2021), ou d'agents conversationnels (Doukianou et al., 2020). La médiation immersive devient une action cognitivo-communicatif, le fait de rendre les choses plus prenantes devient ainsi un acte de connaissance et de communication, où la langue est utilisée pour organiser la pensée du visiteur et le guider dans son expérience. Afin de mieux saisir les processus cognitifs à l'œuvre dans les dispositifs immersifs, nous avons créé un schéma qui permettra de visualiser plus clairement les éléments et le cheminement de l'information, de sa réception/perception à sa transformation en connaissance ancrée.

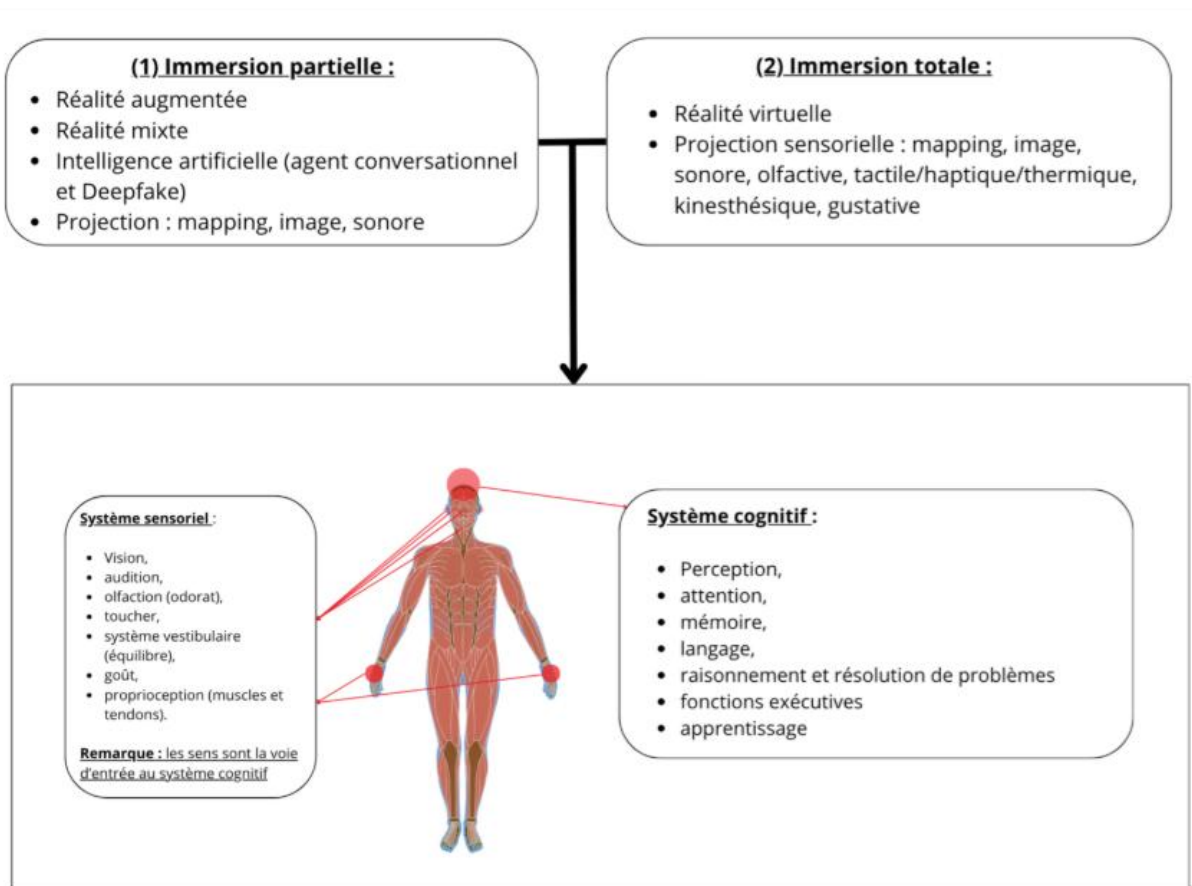


Le système cognitif humain peut être influencé par différents types d'immersions, principalement distinguées en deux catégories : l'immersion partielle et l'immersion totale. Ces deux formes d'engagement sensoriel se différencient par le degré d'isolement du sujet par rapport à son environnement réel.

L'immersion partielle correspond à une expérience où l'individu est plongé dans un environnement virtuel sans être totalement coupé du monde extérieur. Selon le Grand dictionnaire terminologique, l'immersion partielle est « Immersion dans un monde virtuel qui ne prive pas totalement l'utilisateur de la perception du monde extérieur ». *L'immersion partielle est obtenue soit par le port de vidéolunettes, soit par l'utilisation d'un écran de grande taille. L'immersion partielle n'obture pas totalement la vision périphérique de l'utilisateur, contrairement à l'immersion totale, qui, grâce au visiocasque, l'isole du monde extérieur. Dans cette forme d'immersion, les interactions avec le monde virtuel se font souvent à travers des périphériques d'entrée très simples (ex. : clavier, souris, manette)."*

Et l'immersion totale est une *"Immersion dans un monde virtuel où aucun indice du monde extérieur n'est perçu, l'utilisateur étant complètement plongé, grâce à des interfaces sensorielles, dans un environnement interactif en 3D généré par l'ordinateur. L'immersion*

totale, grâce au visiocasque, par exemple, permet de couper l'utilisateur du monde extérieur, alors que l'immersion partielle, qui recourt aux vidéolunettes ou à un écran de grande taille, ne l'empêche pas de distinguer l'environnement extérieur. Cette forme d'immersion n'est pas seulement utilisée pour le divertissement, mais trouve aussi des applications dans les domaines médicaux et militaires, notamment.” La première approche permet à l'utilisateur de conserver un certain contact avec son environnement réel, notamment grâce à des dispositifs tels que des lunettes vidéo ou de grands écrans. Cette forme d'immersion virtuelle ménage une partie du champ visuel pour percevoir ce qui nous entoure, tout en s'appuyant sur des interfaces familières telles que la souris, le clavier ou la manette. Bien qu'elle ne sollicite pas tous nos sens, cette expérience influence notablement notre manière de penser, car elle associe images et sons au traitement cognitif de l'information. La seconde approche, en revanche, transporte entièrement l'utilisateur dans un univers virtuel en effaçant toute référence au monde tangible. À l'aide d'équipements comme les casques de réalité virtuelle qui stimulent plusieurs sens, cette immersion recrée un environnement tridimensionnel où l'on se sent véritablement présent. La vue, l'ouïe, le toucher, parfois même l'odorat et le goût, contribuent à renforcer cette impression de réalité et d'engagement. Cette rupture complète avec notre environnement physique et favorise une implication cognitive et émotionnelle profonde, le cerveau interprétant le monde virtuel comme une expérience authentique. On retrouve cette immersion totale non seulement dans le divertissement, mais aussi dans des domaines tels que la formation, la recherche médicale ou les simulations militaires, où la fidélité sensorielle et la réactivité cognitive sont déterminantes pour l'apprentissage et la réussite. Afin de faciliter la compréhension de ces deux approches, nous avons élaboré un schéma d'explication de ces deux immersions et les liens directs avec les systèmes sensoriels et cognitifs.



Après avoir brassé cette pluralité informationnelle, nous sommes désormais en mesure de proposer une définition appropriée au dispositif de musée immersif. La partie suivante va nous permettre de mettre en lumière une définition, accompagnée d'une explication aussi complète que possible.

2.4. Proposition de définition du “musée immersif” en tant que dispositif numérique

Le terme « *musée immersif* » ou « *immersive museum* » a été introduit en 2013 par Gido Hakvoort, chercheur à l'Université des sciences appliquées de Windesheim (Pays-Bas). Selon lui, le musée immersif se conçoit comme un écosystème complexe où visiteurs, objets exposés, technologies et espaces architecturaux s'entremêlent dans une danse permanente entre réel et virtuel (Hakvoort, 2013).

Dans notre travail de recherche, nous allons plus loin dans l'analyse dans le but de proposer une définition la plus complète possible. Selon Hervé Glevarec (2022), le dispositif est caractérisé par « *un système de places, à destination d'un destinataire, porté par un promoteur* ».

et contenant une prescription ». Le dispositif fait référence à une structure organisée dotée d'outils, de partenaires et d'une intention précise. Dans le cas du musée immersif, nous retrouvons un promoteur (le musée ou l'institution culturelle actrice du patrimoine), un destinataire (le visiteur), et une prescription (le musée immersif). Cette prescription s'appuie sur des technologies innovantes pour instaurer un dialogue entre l'item et le spectateur. Loin d'être un simple gadget, ce dispositif redéfinit notre rapport au patrimoine en sollicitant l'ensemble des sens, le système cognitif, la compréhension et l'interprétation des informations, l'ancrage des connaissances, en somme, c'est une évolution qui bouleverse l'accès à la culture. Le dispositif s'inscrit dans un contexte et cadre institutionnel précis et il ne s'agit pas simplement de rendre la visite plus attractive ou spectaculaire, mais bien de proposer une expérience structurée, pensée pour susciter l'engagement, l'émotion et la compréhension. Pour aller plus loin dans notre définition, nous avons fait état d'une composition triptyque du dispositif qui intègre plusieurs dimensions complémentaires : technique, sociale et patrimoniale :

1. La dimension technique qui s'appuie sur des technologies issues des humanités numériques, organisées en deux volets :

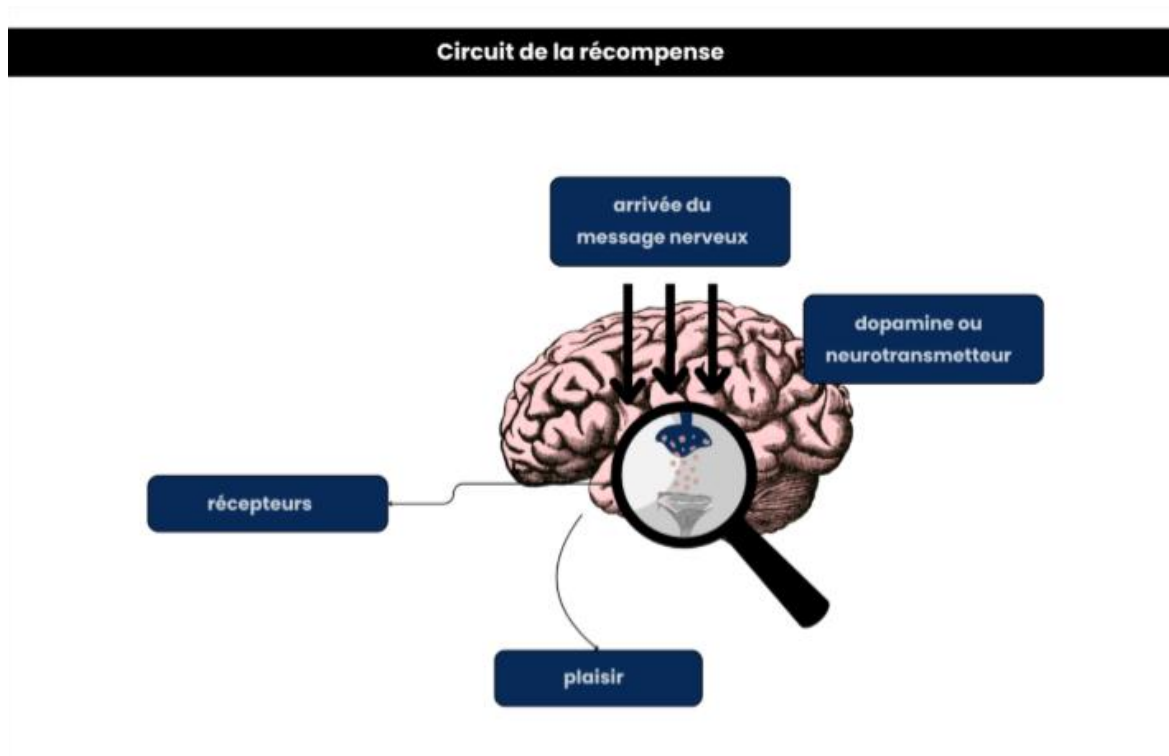
- (1) Les technologies intégrées dans l'équipement muséal (Photogrammétrie, scanner, BIM/HBIM, etc.) qui permettent de construire et créer la connaissance ;
- (2) Et les technologies externes, permettant la visualisation et l'interaction (écrans tactiles, dispositifs de visualisation : smartphones, tablettes, objets connectés, systèmes d'immersion RV, RA, RM, projection, etc.), qui prolongent et enrichissent l'expérience au-delà du lieu physique.

2. La dimension sociale où l'objectif premier de cet outil est de rendre le savoir accessible à tous par une approche ludique et interactive. Les informations sont présentées avec leur contexte, replaçant les connaissances dans leur époque et leur culture d'origine. Les récits (storytelling) occupent une place centrale : ils tissent des liens entre les différents contenus grâce à une narration qui guide le visiteur, l'aide à comprendre, à ressentir et à s'approprier, et à ancrer les connaissances dans la mémoire. On parle également d'une médiation numérique où le visiteur occupe une place centrale face aux collections. Cette dimension intègre la co-production et co-crédation de sens et de savoir visiteur-institution.

3. La dimension patrimoniale où le dispositif contribue activement à la préservation du patrimoine sur le long terme. Il participe à la conservation et à la recontextualisation des objets

anciens, à la protection du patrimoine culturel, et à la création de reproductions numériques fidèles (avatar numérique) pour préserver la mémoire d'éléments fragiles ou disparus. La reconstitution numérique de monuments ou d'objets perdus ouvre ainsi de nouvelles perspectives pour la recherche et la médiation culturelle, redonnant vie à des témoignages historiques oubliés et élargissant notre compréhension de sujets méconnus ou peu visibles. Cette dimension intègre la collaboration GLAM, qui consiste à travailler en co-production entre les différentes institutions patrimoniales par le biais d'outils numériques (bases de données ouvertes, partage de données, collections numérisées, archives ouvertes, etc.) Conçu comme un organisme évolutif, le musée immersif observe, analyse et s'approprie les comportements émergents pour enrichir continuellement l'expérience muséale. Sa démarche repose sur un processus itératif alliant expérimentations technologiques et observation des interactions humaines, visant à créer des espaces à la fois intelligents, interactifs et profondément sociaux. Ce dispositif donne lieu à une nouvelle forme de médiation culturelle. Une médiation numérique des connaissances, s'articulant autour des technologies immersives, visant à immerger le visiteur dans une expérience sensorielle augmentée. Cette immersion peut être totale, notamment par l'usage de la réalité virtuelle (RV), ou partielle, par le biais de certaines technologies telles que l'intelligence artificielle (IA), le deepfake, la réalité augmentée (RA), la réalité mixte (RM), et les projections sonores et visuelles.

En s'appuyant sur nos recherches, l'immersion totale au sein d'un environnement virtuel ou fictif sollicite la majorité des sens : la vue, l'ouïe, l'odorat, le toucher et parfois même le goût pour un résultat se déroulant en complète déconnexion avec la réalité physique. Un exemple concret est l'Historium de Bruges, en Belgique, qui propose un musée immersif qui mobilise quatre sens sur cinq. L'immersion partielle se déroule quant à elle, dans un environnement réel, enrichi par des éléments fictifs ou virtuels ou dans un environnement virtuel qui ne prive pas le visiteur de la perception du monde extérieur. Bien que ces outils ne sollicitent pas l'ensemble des sens de manière directe, ils exercent une influence significative sur la cognition et la perception des visiteurs. Parmi ces technologies, on retrouve la réalité augmentée (RA), le mapping vidéo, les projections à 360°, et plus récemment, l'intelligence artificielle (IA). Dans ce dernier cas, l'IA propose des agents conversationnels qui va créer des réactions neuropsychologiques chez l'utilisateur, en stimulant le circuit de récompense.



L'interaction avec un assistant (agent) conversationnel IA procure une expérience singulière : on obtient des réponses sur mesure qui semblent faites pour nous. Cette personnalisation engendre une satisfaction immédiate en réponse à notre curiosité naturelle. En effet, notre cerveau réagit de la même façon que lorsque l'on reçoit récompense. Ce mécanisme active en nous un système neurochimique bien particulier, libérant de la dopamine qui vient stimuler nos facultés d'attention, de mémoire et de raisonnement.

La composition et le fonctionnement d'un musée immersif combine à la fois la forme (le contenant) et le fond (le contenu). Le musée immersif est un système complexe qui se compose de plusieurs éléments essentiels : les technologies, la scénographie et le storytelling sont les composants qui permettent de concevoir le dispositif. Ces items fondent un environnement où le visiteur peut vivre une expérience à la fois informative, interactive et mémorable, où la technologie sert le récit, où le savoir se transmet et enrichit les connaissances de chacun, où la conservation et la mise en valeur du patrimoine dans le respect de chacun prend vie. Nous allons détailler la construction du dispositif en nous attelant à expliquer chaque point qui le compose.

Dans un premier temps, le contenant désigne tout ce qui façonne la perception du visiteur. Il repose sur deux composantes principales : les technologies immersives et les supports de lecture.

1. Le contenant : la forme du dispositif

a) Les technologies immersives partielles et totales

Ces technologies permettent de plonger le visiteur dans des environnements virtuels ou hybrides :

- **La réalité virtuelle (RV)** qui propose une immersion totale à travers un casque qui propose une visualisation 3D et 360° des avatars numériques. Cette technologie s'adapte à la gestuelle de l'individu qui le porte.
- **La réalité augmentée (RA)** juxtapose des avatars numériques au monde réel. Ces derniers sont visualisables sur un smartphone, une tablette ou des lunettes connectées.
- **La réalité mixte (RM)** conjugue ces deux approches en permettant d'interagir avec les deux mondes : le réel et le virtuel.
- **Les projections visuelles et le mapping** produisent une immersion élargie à l'aide des projections murales, des images à 360° ou des mappings architecturaux.
- **La projection audio haute définition (HD)**, projette une spatialisation sonore ou des sons binauraux qui renforcent la sensation de présence et d'enveloppement.

b) Les supports de lecture

Ce sont les outils avec lesquels les visiteurs interagissent et par lesquels l'expérience est vécue : smartphones, tablettes, casques RV, projecteurs, lunettes AR/RM ou encore systèmes audiovisuels.

Le choix du support influe directement sur le degré d'immersion, l'accessibilité du dispositif (individuelle ou collective) et la mobilité de l'expérience (in situ ou à distance).

2. Le contenu : le fond du dispositif

Le contenu correspond à la matière qui crée les avatars numériques patrimoniales et qui nourrit l'immersion. Il s'appuie sur deux points : d'une part, les artefacts et pratiques vivantes et d'autre part, les monuments historiques.

a) Les artefacts, œuvres et pratiques vivantes

Ces éléments sont numérisés à l'aide de technologies de capture précises :

- **La photogrammétrie**, est une prise de vue à la seconde sous plusieurs angles avec l'ajout de textures pour une reconstitution fidèle des modèles 3D.
- **Le scan structuré ou laser** permet de scanner l'item et d'en relever les volumes et les mesures métriques, pour une numérisation de sculptures ou d'objets fragiles.

b) Les monuments historiques

Pour les bâtiments et sites patrimoniaux, d'autres outils plus complexes sont utilisés :

- **Le BIM, HBIM ou Digital Twin** qui intègre des données historiques, matérielles et structurelles.
- **Le scanner 3D ou LiDAR** qui permet de recréer numériquement un monument avec une précision fine.
- **La modélisation paramétrique** (via Revit, ArchiCAD, etc.) qui sert à simuler des variantes, des phases de restauration ou des reconstructions.

Ces procédés génèrent des modèles 3D, des textures, des sons et des récits qui constituent la base du musée immersif.

3. La scénographie : mise en espace et expérience sensorielle

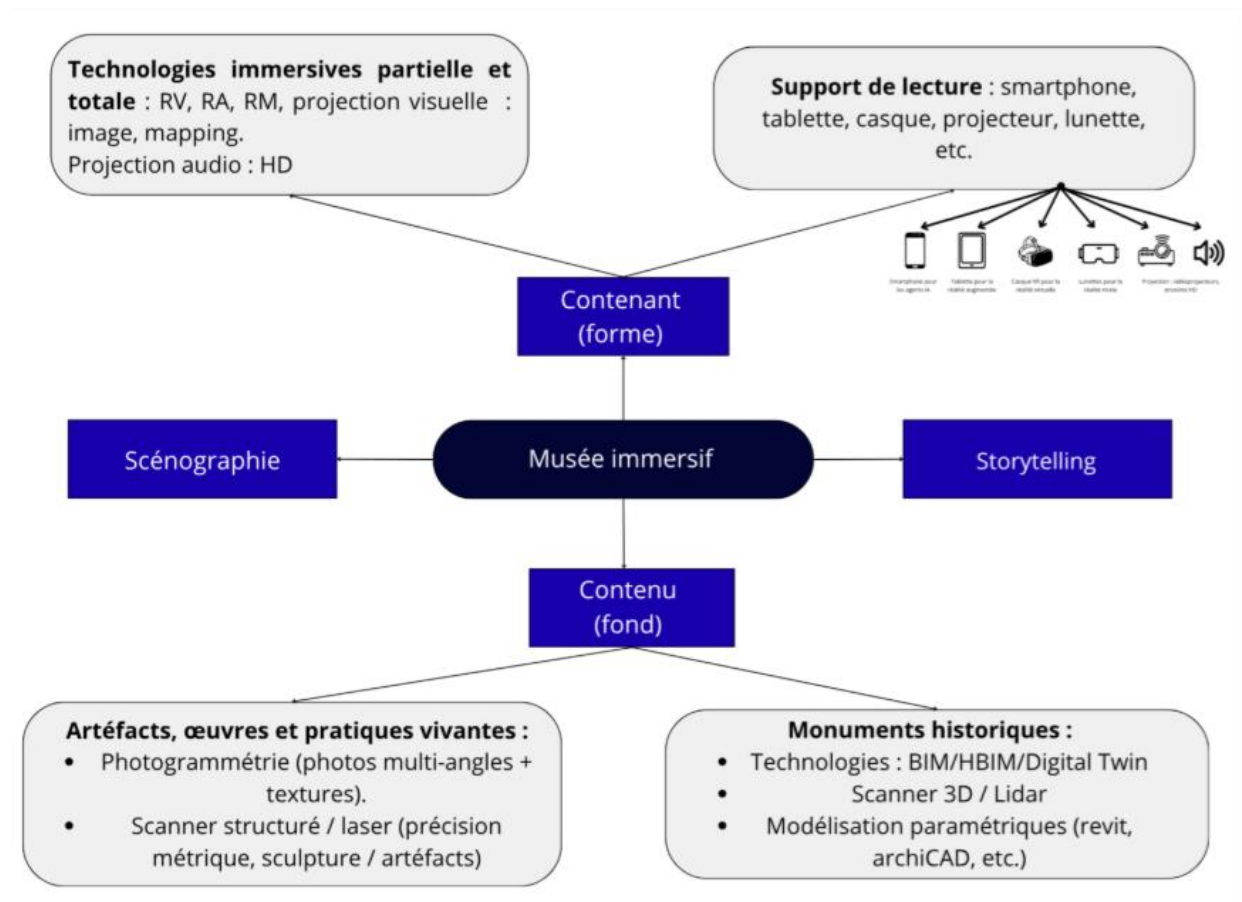
La scénographie se situe dans l'aspect spatial du dispositif. Elle définit le parcours et le sens de circulation du visiteur à travers la disposition des projections, lumières, écrans, interfaces interactives. Elle prend en compte l'ergonomie, l'accessibilité et à la cohérence entre les différents composants du dispositif. Par exemple, c'est la scénographie qui décide où placer un mapping, comment orienter le regard du visiteur ou les outils interactifs à utiliser pour animer et faire vivre l'expérience.

4. Le storytelling : la narration au service du sens

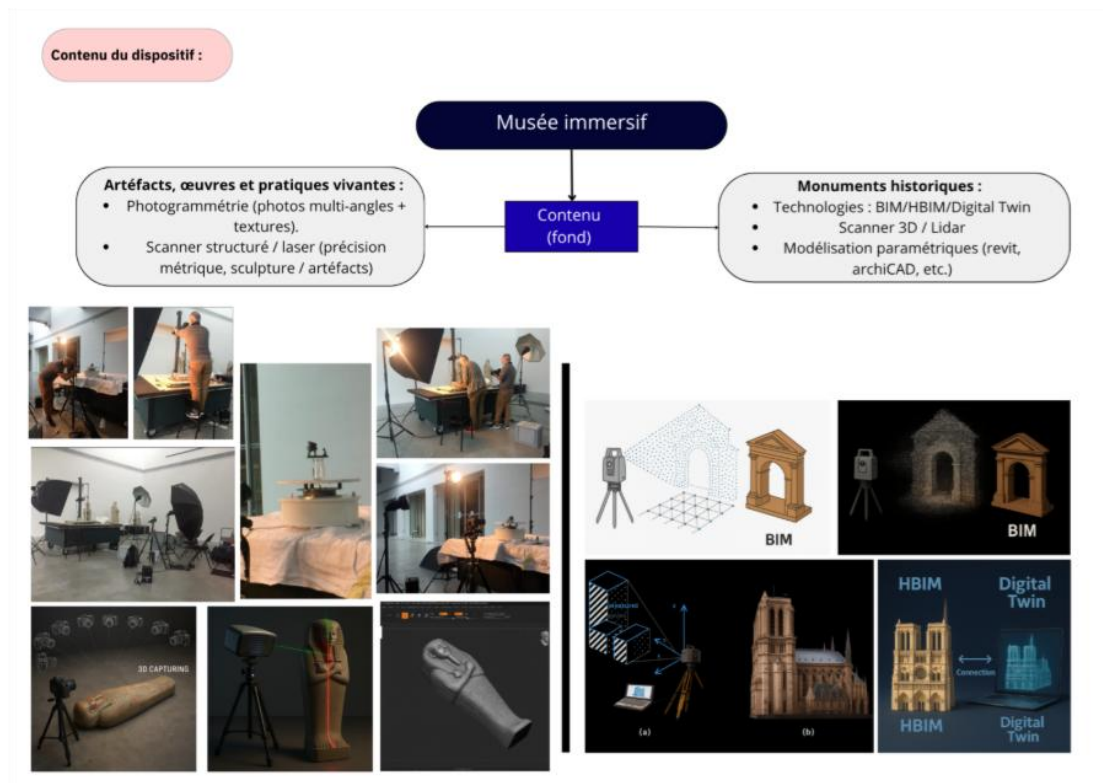
Le rôle du storytelling est de recontextualiser les informations en donnant du sens aux objets numériques à travers la remise en contexte par la narration. Ainsi, les données numériques sont transformées en récit immersif qui définit le thème, la structure narrative, le fil conducteur, les points de vue et la temporalité du parcours. Durant une visite, les visiteurs peuvent écouter une voix off, des dialogues, des effets sonores qui contribuent à rendre l'expérience vivante et engageante. Le storytelling répond à des interrogations fondamentales : qui parle ? à qui ? pourquoi maintenant ?

Nous avons dressé un schéma qui récapitule et détaille le dispositif dans son ensemble. Ce schéma se découpe en trois parties :

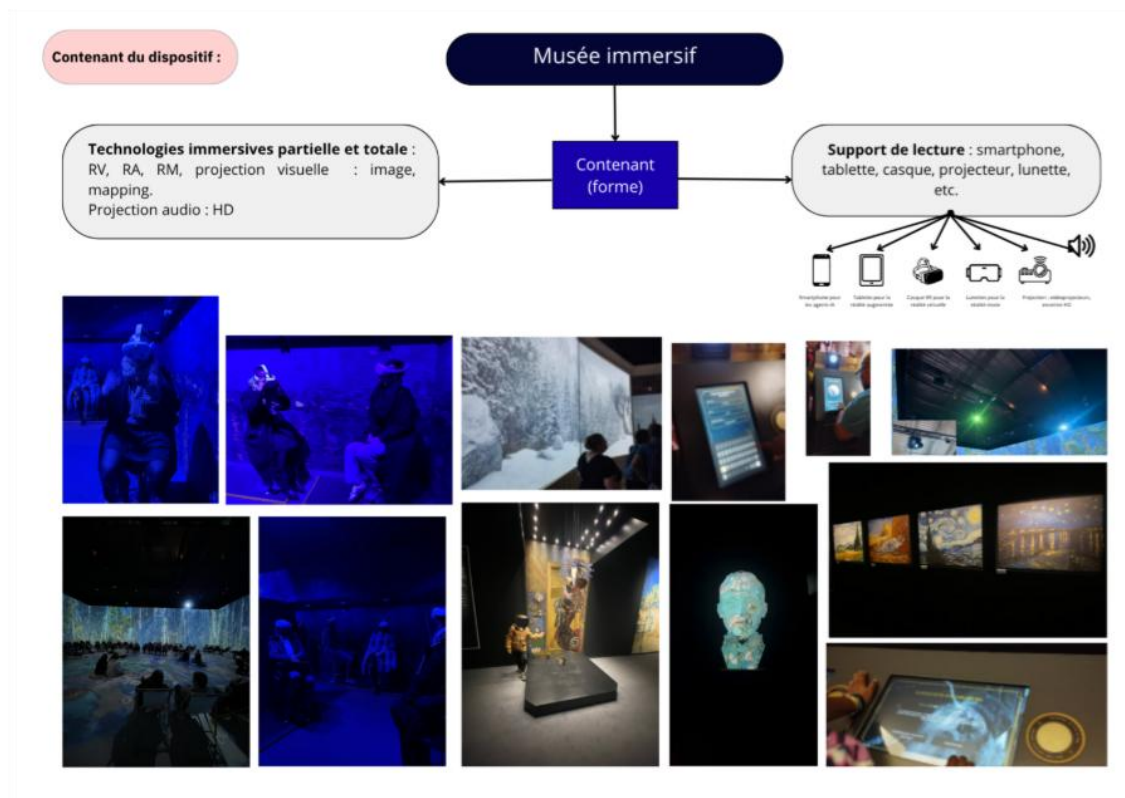
Partie 1 : vue d'ensemble du dispositif



Partie 2 : le contenu (fond) du dispositif



Partie 3 : le contenant (la forme) du dispositif



2.5. CONCLUSION DE LA SECTION

En croisant les différentes trajectoires (Benford et al.), les catégories d'activités et les apports du design numérique, on comprend que le musée immersif dépasse la simple innovation technique. Il constitue plutôt un écosystème complexe où le récit, l'agencement spatial et l'implication du visiteur convergent pour transformer la visite en une expérience singulière. Cette conception, ancrée dans le fonctionnement cérébral, éclaire la manière dont la stimulation de nos sens, de notre attention, de notre mémoire et de nos émotions favorise l'engagement et l'apprentissage. Elle marque une distinction fondamentale entre les dispositifs d'immersion et le sentiment de présence réelle, soulignant que la qualité de la scénographie, la cohérence du vécu et la marge d'action laissée au visiteur comptent davantage que la surenchère sensorielle. Dès lors, envisager le musée immersif comme un ensemble à la fois technique, social et patrimonial permet de saisir les choix de médiation (réalité augmentée, interfaces tactiles, projections, agents conversationnels), les impératifs d'accessibilité, ainsi que les cadres de production et d'évaluation. Tous ces éléments convergent vers un objectif central : générer des instants porteurs de sens où la technologie sert une intention culturelle précise, et où la co-construction de significations avec les publics devient déterminante pour la persistance des souvenirs. Sous cet angle, l'immersion, qu'elle soit totale ou partielle, agit comme un levier pour capter l'attention, soutenir la mémorisation et faciliter l'assimilation des connaissances, à condition que la mise en scène instaure une harmonie sensorielle maîtrisée et que le récit accompagne le visiteur sans surcharger ses capacités cognitives. Les cas analysés, qu'il s'agisse de reconstitutions historiques ou d'expériences in situ, révèlent que la réussite tient à l'adéquation entre intention et vécu, à des itérations successives et à une collaboration interdisciplinaire. Ainsi, le musée immersif fonctionne à la manière d'un organisme vivant : il observe, s'ajuste et élabore ses propositions en s'appuyant sur les données d'usage, les contraintes patrimoniales et des objectifs pédagogiques définis.

Pour consolider cette architecture, il nous faut à présent explorer les mécanismes de production du sens au sein de ces dispositifs. La section suivante : Approche théorique : la dimension sémiologique/sémiotique, analysera comment les signes, les codes, les artefacts et les modalités communicationnelles influencent notre appréhension des environnements immersifs, et comment la conception des interfaces, les potentialités d'interaction et la narration orientent l'interprétation des visiteurs.

SECTION 3 : Approche théorique : la dimension sémiologique/sémiotique

À mesure que les musées évoluent pour suivre les progrès technologiques, la façon dont les gens les visitent se transforme également et dépend de plus en plus d'outils interactifs et immersifs. Ces nouveaux musées ne se contentent pas de montrer les artefacts ; ils créent des mondes emplis de symboles où chaque élément : image, son, lumière, façon de naviguer, geste, aide à créer du sens. Pour comprendre cela, on ne peut pas simplement étudier la technologie ; nous devons pousser notre analyse pour comprendre Comment les symboles, eux aussi, sont impactés ? Par ces nouvelles technologies, en effet, au travers des représentations immersives, les artefacts vont changer d'aspect visuel et donc changer parfois d'interprétation. La sémiologie (sémiotique), en tant qu'étude des signes et des symboles, nous éclaire sur notre façon d'étudier les nouveaux aspects visuels et les nouvelles façons de montrer les choses. Lorsque cette science est utilisée dans le cadre des musées immersifs, elle permet de nous interroger sur les histoires narrées qui entourent les artefacts virtuels, les images, la façon dont les choses sont présentées, et aussi les liens et corrélations entre l'objet, l'endroit et le visiteur. Cette approche en sémiologie et en sémiotique nous aide à comprendre comment, au travers de l'immersion, le musée crée du sens, comment il dirige et aiguille notre vision, et comment il organise ce que le public ressent et comprend.

Cette approche fait partie d'une longue tradition de pensée, allant de l'étude critique des musées à l'étude des signes dans l'espace, en passant par l'étude de la diffusion et de la transmission des informations. Elle nous invite à considérer le musée non seulement comme un endroit destiné à conserver et observer les artefacts, mais également comme un ensemble d'éléments qui se composent de nombreuses façons de communiquer qu'il faut lire et comprendre et de mise en scène qui narre une histoire où se rencontrent l'idée du conservateur, l'histoire de l'artefact exposé, et le visiteur.

Dans cette partie, nous allons donc proposer une réflexion sur les musées immersifs sous le prisme de la sémiologie. Il s'agira, d'une part, de poser les bases et d'autre part, d'analyser et expliciter comment les outils qui intègrent de la technologie immersive changent les habitudes d'exposition de la part des musées et autres institutions patrimoniales et de compréhension de la part des visiteurs.

3.1. Fondements théoriques de la sémiotique appliquée aux musées immersifs

Cette partie va nous permettre de poser les bases de la sémiologie/sémiotique au regard des approches fondatrices (Saussure, Peirce, Barthes...) et comment cette science des symboles va nous permettre de comprendre la réinterprétation des signes et symboles que les visiteurs se font des collections au travers des nouvelles expositions immersives.

Dans un premier temps, Saussure considère que le signe découle d'une association entre un signifiant et un signifié. Le signifiant représente la forme d'un mot ou ce que l'on entend ou voit directement, or le signifié représente l'idée que ça évoque. En effet, ce système prend appui sur la corrélation entre les différents signes et non sur l'opposition ou la différence, les uns avec les autres. Ainsi, la pensée de Saussure explique qu'un signe relie un mot à une idée dans un système où chaque chose a de la valeur grâce à sa place, pas à ce qu'elle est vraiment ; dans un musée immersif, chaque lumière, matière, mouvement ou son a de l'importance grâce à sa place dans un ensemble qui crée un « *langage* » pour l'exposition, c'est-à-dire un ensemble de choses à voir et à comprendre ensemble (Campbell, 2010). Dans le cas des musées, immersif. Cela signifierait que les éléments visuels, sonores ou spatiaux n'auraient de sens que s'ils étaient mis en corrélation. Regroupés, les éléments formeraient un langage cohérent doté d'un système de signes qui aiguillerait la compréhension et l'interprétation du visiteur.

Dans un second temps, Peirce nous propose une approche qui conçoit le processus d'étude en trois points : un signe (ce qui est perçu), un objet (ce à quoi il renvoie), et un interprétant (l'idée que le signe fait naître chez l'observateur). Son approche met en lumière une interprétation adjacente à l'expérience, au contexte et à son sens. De ce fait, ces trois éléments s'expliquent par (1) ce qui est représenté, (2) ce à quoi cela fait référence et (3) comment on le comprend.

Ces deux processus s'appliquent aux environnements immersifs puisqu'ils regroupent un ensemble de signes qui présentent une ressemblance avec les objets réels, qui représentent des idées, qui dirigent la façon dont le visiteur comprend et agit, en liant ce qu'il voit, ce qu'il ressent, ce qu'il déduit et ce qu'il apprend (Liszka, 2010 ; Bourdin, 2005). En suivant ces deux idées, Umberto Eco propose une vision plus large : une façon de comprendre les règles (des ensembles de liens établis par la culture) et une façon de comprendre comment les signes sont créés (des façons de s'exprimer, des stratégies pour le texte), ce qui déplace l'attention des « *objets* » vers la façon dont ils sont organisés et la façon dont on les comprend. Les musées immersifs deviennent des « *textes culturels* » qui font appel à plusieurs sens et dont la compréhension est

guidée par des règles visuelles, architecturales, sonores et de comportement ; l'immersion est alors une façon de faire comprendre les choses qui demande au visiteur d'utiliser des compétences prévues en amont (Eco, 1976). Aussi, Barthes (dans son ouvrage *Mythologies*, 1957) rappelle que les images et les autres éléments de la culture populaire transmettent, en plus de leur sens direct, une idée cachée (l'explicite et l'implicite) (Barthes, 1957) ; de ce fait, nous comprenons qu'il est possible de transmettre un message caché, souvent idéologique ou symbolique que le récepteur du message, comprend inconsciemment. Juxtaposé aux musées immersifs, cette pensée nous donne à réfléchir sur le rôle du musée quant à la construction et l'articulation d'une exposition immersive qui se doit d'être neutre et juste quant aux représentations des contextes et des reproductions numériques. D'ailleurs, les musées immersifs peuvent être perçus comme des créateurs d'histoires qui font passer des choix de point de vue historique, d'identité ou politiques comme des évidences.

Laurier défend l'idée suivante, la manière dont nous utilisons les éléments est importante en elle-même : un signe n'a de sens que s'il est utilisé par des groupes de personnes, pour communiquer et selon des règles d'utilisation ; appliquer cette idée aux musées immersifs, c'est les voir comme des systèmes où les installations, les visiteurs et les situations créent ensemble des façons de comprendre les choses qui sont utiles (Laurier, 2007). Lyytinen prolonge la réflexion avec les systèmes d'information : le sens des interfaces et des données ne se réalise que dans une action qui a un but, l'immersion dans un musée, loin d'être une simple réception de sensations, est une activité guidée par des objectifs, des effets et des parcours, une façon de comprendre les signes par leur utilisation (Lyytinen, 1987). Ainsi, il est nécessaire de comprendre comment les choses sont placées dans l'espace et le message qu'elles portent pour nous permettre de visualiser les liens qu'il y a entre elles.

Cependant, il est parfois nécessaire de comprendre comment certains objets sont utilisés par un groupe d'individus dans un contexte de vie réelle et dans une situation précise (époque, pays, situation historique et politique, etc.) pour savoir et comprendre la signification et la représentation d'un objet. Nous pouvons illustrer cette réflexion par l'exemple d'une figurine trouvée dans un tombeau datant de l'Égypte antique, qui pourrait sembler insignifiante si nous l'étudions hors contexte. Mais replacée dans le contexte des croyances funéraires de l'époque, de la ville et des pratiques vernaculaires d'un peuple, elle peut dès lors se révéler être un *oushebti*, c'est-à-dire un objet rituel destiné à accompagner le défunt et à travailler pour lui dans l'au-delà. Pour aller plus loin, Peirce pense que la « *rhétorique* » (*methodeutic*) est essentielle pour que les signes fonctionnent bien. En effet, ce n'est pas juste une question de style, mais

une étude portant sur la manière dont les signes ont des effets durables (habitudes, idées, actions) sur ceux qui les comprennent. Bergman rappelle l'importance de créer des environnements qui aident les visiteurs à explorer, à organiser leurs déductions (abduction, induction, déduction) et à changer leur façon de voir les choses ; « l'effet-signe » devient une façon de concevoir et d'évaluer les installations immersives (Bergman, 2007). Selon Sadowski, la sémiotique « *systémique* » explique ces effets en distinguant les informations perçues et interprétées, et en montrant comment les symboles s'articulent dans l'échange d'informations entre les êtres vivants et leur environnement ; un musée immersif bien fait améliore ces deux aspects en offrant des indices visuels et des clés d'interprétation (Sadowski, 2016).

Nicole Everaert-Desmedt (2023) souligne que le signe de Peirce est à la fois triple et dynamique : le signe n'est pas seulement une représentation, mais une chaîne continue d'interprétation appelée « *sémiose* ». Chaque interprétation peut devenir un nouveau signe dans une autre série d'interprétations, ce qui rend la signification infinie, liée au contexte et en constante évolution. Cette idée est très utile pour comprendre l'expérience immersive dans un musée, où les visiteurs mobilisent leurs expériences personnelles (connaissances, émotions, souvenirs) pour saisir les installations sensorielles. De plus, sa distinction entre ce que le signe montre directement de manière explicite et ce qu'il essaie de représenter indirectement de manière implicite nous aide à comprendre comment les installations immersives offrent plus qu'une simple perception : elles donnent un accès indirect à la mémoire collective ou à une signification historique, symbolique, parfois inconsciente (Everaert-Desmedt, 2023).

L'idée du tournant « *incarné* » remet en question la signification, le corps et la façon dont nous percevons les choses. La signification se crée par l'expérience physique : elle émerge de nos sens et de nos mouvements ; le musée immersif, en mobilisant nos postures, nos gestes et nos déplacements, crée un sens « en action » plutôt que de simplement nous fournir des informations (Zlatev, 2012). Badir met en lumière l'intérêt d'un lien entre la phénoménologie et la sémiotique : la réduction, la variation éidétique¹⁸ et la formalisation nous permettent d'analyser une « *sémioception* » où ce que nous ressentons a déjà une signification, et où la structure du sens est vécue avant d'être exprimée ; c'est ce qui permet à une muséographie de transformer l'expérience sensorielle en connaissance (Badir, 2020). Sonesson suggère d'utiliser

¹⁸ Dans la phénoménologie de Husserl, la *réduction éidétique* désigne la méthode permettant de passer de la conscience des objets concrets à l'intuition de leurs essences pures (*eidōs*). Elle consiste à écarter tout ce qui est contingent ou accidentel afin de saisir la structure nécessaire et invariable de la chose. Cette opération constitue la première étape de la démarche phénoménologique, avant la réduction proprement dite (Encyclopædia Universalis, s.d., <https://www.universalis.fr>).

une approche sémiotique qui combine la pensée personnelle et les expériences concrètes, en reliant les analyses de ce que l'on ressent et les tests pratiques ; lorsqu'on l'applique aux expériences immersives, on regarde comment les visiteurs transforment ce qu'ils voient, entendent et touchent en idées, en fonction de leur développement, de leurs habitudes culturelles et de ce qu'ils ont en mémoire (Sonesson, 2011). Dans la même pensée, Klinkenberg, explique que l'étude des signes visuels gagnerait à prendre en compte le corps : on ne regarde pas uniquement une image, on la traverse, on l'anticipe et on agit avec elle ; la façon dont l'immersion fait appel à plusieurs sens et utilise différents codes devient alors un élément important pour la signification, et pas seulement une simple « *ambiance* » (Klinkenberg, 2010). Enfin, Rosso propose l'idée de « *corps-musée* » : le visiteur devient un outil de communication dont les mouvements, les positions et les rythmes d'attention créent ensemble le sens de l'exposition. Ainsi, l'installation est une organisation qui implique le corps et les signes dans une action qui se déroule à un endroit précis (Rosso, 2020). L'œuvre (ou l'installation) n'est pas tellement faite pour être vue, mais plutôt pour être vécue, dans un échange entre celui qui regarde et ce qui est regardé.

Michel Balat (2007), dans son livre *Le corps sémiotique*, propose une façon originale de relier le langage, la perception et la pensée à travers trois actions principales : l'écrivain (l'action de noter les choses de manière concrète), le visiteur (l'expérience de voir les choses sans rien dire) et l'interprète (le fait de donner un sens en devinant). Dans un musée immersif, ces trois actions nous aident à comprendre l'expérience comme un travail d'équipe entre le corps, la perception qui flotte et l'interprétation active. L'écrivain, c'est le corps qui écrit dans l'espace en se déplaçant, le visiteur est l'état où les sens se promènent, et l'interprète relie les indices que l'on perçoit. Cette façon de voir le sens en trois parties implique une sémiotique où le corps est présent, où les choses sont liées, où tout est en mouvement, et où le visiteur devient un acteur qui crée, en produisant lui-même du sens à partir d'un environnement qui a du sens (Balat, 2007).

Correa réexamine la réflexion tryptique de Peirce, selon laquelle il existerait : l'icône, l'indice et le symbole. Du point de vue de l'esthétique : l'icône fait directement appel à la perception et aux émotions, l'indice rend la présence réelle, et l'« *aspect esthétique* » est plus important que la logique structurée dans l'expérience ; les immersions, par le biais de l'esthétique, privilégient donc les liens entre les images et les indices, qui précèdent et nourrissent l'interprétation des idées (Correa, 2017). Caccamo, en s'appuyant sur Jappy, met l'accent sur les sous-icônes (image, schéma, métaphore) : une exposition immersive réalise souvent ces trois niveaux :

l'image pour la ressemblance immédiate, le schéma pour la structure de l'interaction, la métaphore pour la comparaison imaginative (Caccamo, 2022). Brandt, quant à lui, crée une grammaire des schémas (flux, liens, contours, etc.) : les mises en scène immersives, avec leurs transitions et leurs histoires, sont de véritables « *dessins de la pensée* » que l'on traverse physiquement et mentalement (Brandt, 2012). La photographie et les écrans occupent une place importante dans les musées immersifs : lorsqu'on nous immerge dans un dispositif immersif, on ne se contente pas de montrer une photo, on crée les conditions pour qu'elle soit reconnue, prouvée et comprise. Sadowski explique ce pouvoir en parlant de ce qui montre (trace) et de ce qui ressemble (image) : le fait d'être présent à distance (grâce à l'indice) et le plaisir de voir une copie (grâce à l'image) expliquent pourquoi les projections et les images sont si touchantes ; l'ombre, qui est un « *indice en image* » parfait, montre ce mélange de preuve et d'incertitude qui fonctionne si bien dans certains endroits (Sadowski, 2016 ; 2020). Paquet et Roque, chacun à sa façon, rappellent que les images ont leurs propres règles (forme, sens), leurs propres motifs qui se déplacent et leur propre matière ; quand on est plongé dans quelque chose, il faut respecter ces règles et ne pas réduire l'image à un simple texte ou dessin (Paquet, 1990 ; Roque, 2011). Dondero et Basso Fossali, expliquent qu'il faut voir la photographie comme quelque chose de plus complexe, en tenant compte de son utilisation, de sa matière et de la façon dont elle est présentée ; les musées immersifs, s'ils ne veulent pas simplement en mettre plein la vue, devraient utiliser cette richesse de la photo (Fossali et Dondero, 2006).

Keane insiste sur le fait que les objets ont une influence : les objets, les textures et les installations ne se contentent pas de donner du sens ; ils guident nos actions et notre façon de comprendre les choses. Ce qui est montré par les objets (sons, surfaces rugueuses, espaces) relie le sens à ce que l'on ressent et à nos émotions, ce qui est très important dans les expériences immersives (Keane, 2018 ; 2024). Fourmentaux décrit l'« *objet-frontière* » comme un lien entre les mondes sociaux et techniques ; dans l'immersion, les objets et les interfaces ne sont pas neutres : ils influencent nos positions, nos mondes et notre façon d'interpréter les choses (Fourmentaux, 2011). Davallon considère l'espace comme un moyen de communication : des musées qui montrent des objets à ceux qui montrent des connaissances, et maintenant des points de vue, l'exposition « *écrit* » avec l'espace et pas seulement « *dans* » l'espace ; le parcours devient une façon de s'exprimer, et l'immersion un type de musée basé sur la façon dont l'espace est utilisé pour communiquer (Davallon, 2011). Schmitt, de son côté, voit la scénographie comme un jeu entre ce que l'on regarde et ce que l'on nous montre ; au lieu d'être une simple décoration, elle change notre façon de voir et de juger les choses : c'est à la fois poétique et

instructif (Schmitt, 2010). « *Montrer que quelque chose a un sens* » n'est jamais neutre et suppose une intention et une compréhension de la façon dont les gens regardent ; les immersions doivent donc combiner l'expérience et la façon dont on comprend ce que l'on voit, sinon on risque de ne rien comprendre. Macé, en étudiant les sceaux du Moyen Âge, montre qu'ils ont trois aspects importants (images codées, matière, lien avec le document) ; les immersions qui présentent le patrimoine peuvent s'inspirer de cette richesse symbolique pour combiner l'autorité, la mémoire et l'expérience personnelle (Macé, 2017).

Eco a montré que les créations et les systèmes culturels sont « *ouverts* », mobilisent de nombreuses façons de les comprendre, guidées par des méthodes d'écriture et ce que le lecteur type attend ; appliqué à l'immersion, le récit en forme de « *labyrinthe* » est une bonne façon de faire, à condition d'organiser l'interprétation ensemble sans la forcer (Eco, 1962). Hoxha reprend et pousse plus loin cette idée d'ouverture : les « *bruits dans le récit* » (perturbations, contradictions, changements de direction) ne sont pas des erreurs, mais ce qui rend l'interprétation vivante et variée ; l'immersion est plus intéressante si ces bruits sont utilisés pour créer du sens (Hoxha, 2018). En même temps, il met en garde contre l'idée que la sémiotique puisse tout expliquer : les systèmes immersifs, avec trop de signes, dépassent les modèles habituels et demandent une façon de faire qui tient compte du dialogue et de la pratique (Hoxha, 2016). Bouissac donne un exemple avec le cirque : un « *super-code* » mélange actions, costumes, accessoires, musique, lumières ; l'impact symbolique vient du mélange de différentes façons de faire et de la participation du public, le musée immersif utilise aussi cette logique avec plusieurs codes et une action en retour (Bouissac, 1971). Bertrand et ses collègues proposent une façon de raconter qui s'inspire de la littérature (transport, images mentales avec plusieurs sens, incarnation) pour que la présence en réalité mixte aille au-delà de l'éducation et du divertissement ; l'accord entre le récit et le corps devient une façon de s'impliquer (Bertrand et al., 2021). Nelson, dans un contexte d'apprentissage concret et amusant, ajoute la représentation multiple, la liberté de se déplacer et l'interaction guidée par l'apprenant pour créer du sens ; celui qui apprend en visitant devient co-auteur du parcours (Nelson, 2007).

Pour l'avenir, Hoxha souligne le « *mélange* » des codes et de l'interprétation dans le travail d'Eco : les environnements immersifs peuvent être vus comme des labyrinthes de signes où le sens vient d'un mouvement guidé par de nombreux codes et une connaissance personnelle (Hoxha, 2025).

Certains courants de pensée suggèrent de se concentrer moins sur la communication par le langage et plus sur la communication par le comportement, qui est implicite, où les échanges

entre personnes utilisent des indices non verbaux comme les actions, les positions ou les traces laissées dans l'environnement. Dans les musées immersifs, cette réflexion permet de comprendre comment les visiteurs assimilent naturellement des signes spatiaux, lumineux ou sonores comme des messages, sans recourir à des mots ni à des signaux clairs. Le musée devient un environnement actif, où l'architecture, la lumière, les objets interactifs ou les mouvements faits par le visiteur communiquent sans bruit, guidant les interprétations et les comportements. Ainsi, les musées immersifs utilisent une sémiotique de l'action, où les objets parlent par leurs effets, et où le public lit l'espace comme un message à déchiffrer.

L'idée d'« *expérimental* » en sémiotique ne consiste pas à vérifier un système déjà existant, mais à regarder comment de nouvelles façons de communiquer apparaissent quand les gens interagissent : Galantucci et Garrod montrent comment les signes et les règles se mettent en place grâce aux réactions des autres, en passant d'une forme ressemblant à la réalité à une forme symbolique selon ce qu'il faut faire ; appliqué aux situations où l'on est immergé ensemble dans un environnement, cette idée explique comment on crée ensemble des façons d'interpréter les choses sur le moment (Galantucci et Garrod, 2011). Le projet MUSE, où des élèves créent un musée virtuel, montre comment cette façon d'enseigner passe par la création : on apprend ensemble à comprendre les différentes façons de communiquer et à connaître les possibilités offertes par les signes quand on crée des parcours et des contenus (Ho et al., 2011). En ce qui concerne le patrimoine, Partarakis et ses collègues décrivent comment les métiers liés au patrimoine sont transformés en expériences XR : les gestes, les personnages virtuels et les contextes historiques sont mis en scène dans des histoires qui montrent et expliquent en même temps ; l'objectif est de transmettre de manière interactive et sensible une connaissance acquise par la pratique (Partarakis et al., 2020). Pagano et ses collègues (ArkaeVision) montrent comment utiliser la réalité virtuelle, une histoire racontée, la classification de Bloom et l'apprentissage par l'expérience pour que les gens soient le plus présents, attentifs et qu'ils retiennent le plus d'informations possible ; l'« *émotion cognitive* » devient un moyen important pour aider à se souvenir (Pagano et al., 2020). Enfin, Latham explique que l'« *expérience du musée* » est une façon de donner un sens aux choses en se basant sur la connaissance des objets (par les sens, les émotions et l'intellect) ; l'objet devient un moyen de transmettre une connaissance liée à un lieu, parfois personnelle, ce qui confirme que la visite est une expérience personnelle qui fait appel à la mémoire et à l'identité (Latham, 2012).

D'autres proposent une façon de voir les signes où la forme perçue est dynamique, régie par des points d'attraction et des changements brusques ; quand on est plongé dans un

environnement, les changements de lumière, de volume sonore ou de proximité des objets agissent comme des « événements » qui transforment l'attention et la signification (Wildgen, 2020). La sémiotique est une science fondamentale pour comprendre comment anticiper et gérer la complexité du vivant, et non pas seulement se concentrer sur le « signe » ; les immersions, en créant des représentations incomplètes mais utilisables, font appel à cette capacité d'anticipation.

En termes d'information, Vogel montre que, pour Peirce, l'information n'est pas un simple transfert mais une augmentation de la connaissance grâce aux signes ; un dispositif immersif n'envoie pas un message fermé, il lance un processus d'interprétation où celui qui interprète se transforme (Vogel, 2014). Mutis et Issa, en se basant également sur la pensée de Peirce, analysent les « documents » techniques comme des systèmes de signes qui ont une « sémantique faible » (ils ne représentent pas tout) ; c'est une bonne comparaison pour l'immersion : anticiper comment le public va interpréter les choses réduit la différence entre ce que le créateur veut dire et ce que les gens comprennent vraiment (Mutis et Issa, 2008).

Barthes révèle la façon dont le sens est construit : le mythe fait passer des idées créées par l'histoire pour des vérités évidentes ; toute mise en scène immersive, à cause de son impact sur les émotions, peut donner l'impression que des histoires sur l'identité sont des réalités, d'où l'importance d'une analyse et de points de vue différents (Barthes, 1957). Meeùs distingue différents types d'expression (visibles, officielles) et de contenu (liés à un élément extérieur) ; l'immersion mélange les deux, et doit gérer ce qui reste obscur et qui demande une explication plutôt qu'une simple traduction, ce qui est essentiel pour une médiation faite correctement (Meeùs, 2009). Enfin, Leone soutient une étude des images fondée sur la culture (sémiosphère, Lotman) : le sens d'une image (ou d'une salle immersive) dépend de l'environnement culturel dans lequel elle est créée et perçue ; il faut remettre le caractère direct de l'émotion dans son contexte pour éviter une mauvaise interprétation (Leone, s.d.).

D'autres auteurs proposent une étude des signes fondée sur l'expérience et liée à la culture, qui examine comment le sens est créé. Pour eux, le sens n'existe pas seul ; il apparaît grâce aux habitudes sociales, aux contextes dans lesquels on s'exprime et aux échanges rituels ou symboliques. Appliquée au musée immersif, cette idée permet de comprendre comment les visiteurs créent du sens ensemble, grâce à une interaction entre le corps, la technologie et l'histoire racontée. L'exposition devient un lieu d'expérience, où le sens dépend du parcours effectué, des attentes et des références culturelles de chacun. Ainsi, nous devons considérer l'interprétation comme une action sociale, liée au corps et à la mémoire.

L'étude des signes prend en compte les variations d'intensité et de durée des émotions ; les immersions jouent justement sur les rythmes, l'importance et les différences entre les sensations pour organiser un « *parcours d'émotions* », ce qui est utile pour analyser et évaluer (Zilberberg, 2005). D'une autre manière, l'idée d'épaisseur émerge pour décrire les différentes couches matérielles, temporelles et symboliques de l'œuvre ; une immersion réussie rend cette épaisseur visible en superposant des images, des sons, des textures et des lumières, que l'on peut explorer comme un paysage de signes.

Thellefsen et Friedman prennent également appui sur l'idée de Peirce concernant les images, en montrant l'importance des sortes d'images (dessins, schémas, comparaisons) et des « *choses qu'on apprend à côté* » : aucun signe ne fonctionne sans qu'on ait déjà des connaissances et des perspectives (Thellefsen et Friedman, 2023). Les musées immersifs doivent donc montrer des indices pour activer ces choses qu'on apprend à côté et améliorer l'idée d'image avec des plans (schémas) et des ressemblances (comparaisons). Cette vision rejoint celle de Correa sur l'importance de ressentir avant de comprendre dans l'immersion (Correa, 2017).

Schiller évoque l'idée de « *l'auto-expérience dans un miroir* » : le miroir (au sens large, les choses qui font réfléchir) devient un outil pour comprendre quand il fait partie d'un cercle d'interprétation, contrairement à une façon de voir le reflet qui ne sert pas à comprendre ; Cela peut être appliqué aux expositions immersives, en effet, le musée immersif peut utiliser cette façon de réfléchir (miroirs, surfaces, personnages virtuels) pour changer la façon dont on se voit et en faire un moyen d'apprendre et de ressentir (Schiller, 2023). Selon Samain, notre façon de voir est construite par nos capacités à sentir et à bouger, ainsi que par les mouvements de notre corps, les immersions réussies créent des « *mondes propres* » qui permettent de comprendre et d'agir (Funktionskreis), en offrant différentes possibilités pour différents publics (Samain, 2021).

Ainsi, si Schiller et Samain mettent en lumière la manière dont l'immersion engage le corps, les sens et la subjectivité du visiteur pour créer une expérience personnelle de compréhension, il convient d'observer comment cette expérience se construit par des choix de représentation, d'interprétation et de langage. Vouilloux démontre que décrire une œuvre, c'est déjà l'interpréter, et que la façon dont on regarde crée l'objet, et par extension, les immersions en décrivant avec l'espace, doivent montrer clairement leurs choix et leurs façons de dire la vérité (Vouilloux, 2014). Badir (2007) relie la sémiotique à son origine dans le langage et les médias : comprendre ce que la « *société demande* » (publicité, médias) qui a façonné ses méthodes aide à comprendre les immersions comme des langages culturels qui utilisent plusieurs moyens

(Badir, 2007). Enfin, Berthelot-Guiet, en prenant appui sur le travail de Barthes, montre comment la sémiotique s'est équipée pour analyser les images de communication ; ces outils (parcours, idées qui reviennent, carrés) sont toujours utiles pour rendre objectives les façons de faire de l'immersion (Berthelot-Guiet, 2004).

Broden, met en parallèle des « *façons de comprendre* » (deuil/échange) et des valeurs importantes (vouloir, pouvoir, savoir-faire) qui ressemblent à la manière dont une exposition relie le sensoriel et l'émotionnel et le narratif et l'intellectuel pour créer une « *expérience partagée* » (Broden, 2007). Enfin, Bianchi et Vassallo insistent, chez Eco, sur « *l'encyclopédie* » (ensemble de connaissances partagées) et le « *lecteur idéal* », une immersion responsable doit montrer clairement l'encyclopédie qu'elle suppose, sinon elle risque d'exclure ou de fausser l'interprétation (Bianchi et Vassallo, 2015). Certaines comparaisons mettent en évidence les avantages et les inconvénients des deux approches de Saussure et Peirce. L'idée de Saussure met en lumière la dimension habituelle et différente des règles de l'immersion, l'idée de Peirce saisit la façon dont on interprète, l'image et l'indice des environnements. Les musées immersifs ont l'intérêt de ne pas choisir qu'une seule approche : ils utilisent les deux en même temps, comme un système et comme un processus (Mohd et al., 2014 ; Yakina et Totu, 2014).

Au niveau des récits, ArkaeVision montre comment le récit interactif, les mouvements en réalité virtuelle, le sentiment d'être présent, de se situer et le souvenir se combinent, selon des règles scientifiques claires (avec un guide, un déroulement étudié) : c'est un type de récit historique précis mais touchant (Pagano et al., 2020). Dans le travail de Partarakis et ses collègues, Heritage Crafts XR ou le fait de faire revivre des métiers artisanaux anciens (tel que la poterie, le tissage...) par le biais de différentes réalités (RA et RV), présente la transformation d'un geste artisanal menacé en un avatar expert, reliant la protection, la transmission et l'attrait touristique ; le récit lié au contexte (histoires de métier) stabilise l'interprétation (Partarakis et al., 2020). Literature-based MR Presence¹⁹ utilise l'imagination et l'incarnation pour aller au-delà du simple divertissement éducatif et créer un sentiment d'être là qui transforme (Bertrand et al., 2021). MUSE (musée virtuel créé par des élèves) sert de terrain d'étude des signes : ici, la création sert de terrain d'apprentissage des règles, des possibilités et de la responsabilité dans le récit (Ho et al., 2011).

¹⁹ Literature-based MR Presence est une façon d'utiliser la réalité mixte (entre virtuel et réel) pour faire vivre une œuvre littéraire ou plonger dans un récit.

Latham rappelle que nous n'apprenons pas seulement des choses sur des objets, mais aussi avec eux, dans un système où la connaissance vient des objets, l'évaluation des musées doit tenir compte de ces expériences de savoir (Latham, 2012).

L'étude des signes actuelle se concentre sur le corps, les émotions et l'impact visuel. Zlatev insiste sur la création de sens par le corps, comme déjà dit, Rossolatos applique au marketing l'influence des émotions et la manière de raconter une histoire par la mise en scène, ce qui peut s'appliquer aux musées immersifs comme parcours d'attachement émotionnel. Cambre voit l'image comme un lieu d'action symbolique (impact), ce qui rejoint l'idée d'une exposition comme un théâtre de significations. Roie Thomas s'interroge sur l'image actuelle et la création de personnalités, un point essentiel pour la construction de l'identité et de la mémoire en immersion (Zlatev, 2012 ; Rossolatos, 2012 ; Cambre, 2012).

Hoxha souligne les limites de l'étude des signes qui prétend tout expliquer ; l'« *excès de signes* » dans les immersions exige de la modestie méthodologique et une ouverture au dialogue (Hoxha, 2016). Barthes demande une vigilance particulière à l'égard des idées reçues actuelles. Leone insiste sur l'environnement des signes et la diversité des interprétations. Enfin, Meeùs sur ce qui reste à interpréter. Ensemble, ils définissent une manière d'aider les gens à comprendre qui montre ses règles, offre plusieurs points de vue, et donne au visiteur les outils pour comprendre et contredire (Barthes, 1957 ; Leone, s.d. ; Meeùs, 2009).

Nous allons nous atteler à approfondir ces réflexions afin de déterminer le rapport direct de la sémiotique dans un contexte virtuel. Pour ce faire, nous allons plus amplement discuter de l'état actuel des connaissances dans ce domaine.

3.2. Sémiotique de la virtualité et des environnements numériques

Comment l'aménagement de l'espace dans les musées qui utilisent la réalité virtuelle peut-il donner du sens ? Cette question nous pousse à étudier la réalité virtuelle en considérant trois aspects liés : (1) l'organisation de l'espace et des outils (comment les choses sont placées, les chemins à suivre, les écrans et les instructions) ; (2) comment le visiteur comprend et réagit (ce qu'il voit, son attention, ses émotions, ce qu'il fait, ce qu'il retient) ; (3) ce que les musées doivent faire (être fiables, beaux et respectueux) lorsqu'ils créent des environnements qui peuvent influencer nos sentiments et notre façon de penser. En utilisant plusieurs sens (vue, ouïe, toucher, odorat) et en voyant comment les choses changent (comment le sens évolue), nous

pensons que les musées immersifs sont utiles car ils savent organiser des éléments qui donnent du sens, où l'espace et la réalité virtuelle aident à comprendre, mais à condition de pouvoir prendre du recul pour voir comment fonctionnent les signes, leurs règles et leurs effets. En suivant les idées de penseurs comme Peirce et Greimas, Bujar Hoxha suggère de voir comment le sens se construit comme un mouvement : des « *pré-signes* » aux « *actes-signes* » et « *post-signes* », le sens apparaît suite à une interaction entre la personne et l'endroit où elle se trouve. Cette idée, appliquée aux musées, montre que l'immersion est comme une histoire vécue, où le visiteur participe à créer le sens à partir de nombreuses informations sensorielles et d'histoires en évolution (Hoxha, 2024). En parlant de plusieurs langues, Hoxha montre aussi que les signes créent des identités et des différences de manière complexe, avec des émotions fortes (fierté, honte) : dans un musée immersif, cela signifie qu'il faut créer des parcours qui acceptent la diversité et les différentes interprétations, plutôt que d'imposer une seule idée (Hoxha, 2018). Enfin, en insistant sur le fait que les signes peuvent évoluer et que l'on construit une réalité en percevant, comprenant et classant les choses, Hoxha nous aide à voir l'immersion comme une façon de donner du sens, toujours variée et liée à un lieu (Hoxha, 2024).

Dans cette même vision de la construction du sens dans l'immersion, Jean-Marie Bloch souligne qu'apprendre, c'est donner du sens en suivant des règles tacites qui organisent nos attentes, nos actions et nos interprétations. Dans le cas des musées immersifs, cela montre qu'il existe des règles implicites qui guident notre compréhension à travers l'aménagement, les outils et les ambiances : l'apprentissage se fait en agissant et en interprétant, en interagissant avec le sujet, le support et le contexte (Bloch, 2005).

En ce qui concerne les musées, Jean Davallon propose de comprendre l'exposition comme une écriture à travers l'espace, les formes, les chemins, les lumières et les sons donnent du sens au-delà des objets, en impliquant le corps du visiteur. L'impression d'être présent aide à comprendre et à transformer la relation entre savoir et expérience grâce à l'espace (Davallon, 2011). Ainsi, l'aménagement immersif s'apparente à un texte présentant plusieurs types de signes, il utilise des indices, des images, des symboles et des règles, tout en imposant des rythmes et des façons de faire attention. Daniel Chandler explique que la sémiotique va au-delà des mots : tout aspect culturel peut être considéré comme un signe, régi par des règles sociales. Dans un environnement immersif, les codes (sonores, visuels, tactiles) et l'intrigue créent une réalité sociale perçue comme allant de soi, d'où la nécessité de comprendre ces codes (Chandler, 2001 ; Chandler, 2007). Parallèlement, Sémir Badir distingue les médias qui sont des objets de

discours de ceux qui créent du sens, et introduit l'idée d'utiliser plusieurs médias pour analyser les mélanges (audio, vidéo, spatial, interactif) qui forment les dispositifs immersifs (Badir, 2007).

Pour ce qui est de la réalité virtuelle, Frank Biocca la voit comme un processus de communication immersive qui combine le sentiment d'être présent, la présence sociale à distance et l'échange symbolique. Dans un musée immersif, ces aspects transforment le visiteur en acteur qui interprète, et la narration devient multisensorielle, interactive et construite ensemble. Des exemples comme Second Life qui fonctionne comme un espace de représentation symbolique où les avatars, les objets et les paysages sont des signes interprétés et créés par les utilisateurs, permettent l'étude des signes selon les idées de Saussure, Peirce et Barthes, révélant que l'immersion dépend moins de la technologie que de la capacité à comprendre un ensemble de signes culturels.

Henk Gazendam propose une méthode sociale, pratique et sémantique pour les systèmes d'information où les environnements virtuels sont des lieux de construction influencés par l'imagination. La coordination repose sur la communication et l'organisation autonome de nombreuses représentations, ce qui s'applique aux musées immersifs vus comme des systèmes de signes construits ensemble par les utilisateurs (Gazendam, 2001).

Ricardo Gudwin et João Queiroz soutiennent une approche de l'ingénierie des signes inspirée de Peirce : l'intelligence est la capacité de s'adapter en utilisant les signes. Appliqué à une exposition, cela permet de créer des dispositifs qui réagissent aux actions des visiteurs (cognition partagée, création de signes par la forme), rendant l'immersion significative et liée à un contexte (Gudwin et Queiroz, 2007). Il existe des signes qui ne signifient rien de précis mais qui agissent directement dans les réseaux de machines et d'informations (cartes, capteurs, signaux lumineux). Dans le cas d'un musée immersif, ces déclencheurs non verbaux activent des réactions physiques (émotions, gestes) et créent des ensembles où l'efficacité n'est pas seulement dans la représentation, mais dans l'action.

Certaines places de l'étude des signes dans les arts du spectacle du côté du mélange des sensations ; le moment spectaculaire se produit grâce à des codes et des règles partagés, et la présence engage le spectateur en tant que co-créateur de sens, des idées qui peuvent être appliquées aux espaces muséaux hybrides (projections, sons spatialisés, interactions). D'autres proposent une approche basée sur les émotions : la réalité augmentée combine la narration

participative et l'immersion sensorielle pour faire vivre le patrimoine comme une expérience physique. La réalité augmentée ne remplace pas la réalité, elle modifie notre façon de la ressentir, en concentrant l'attention sur un voyage narratif à l'intérieur du site (Dima et Maples, 2021).

Ralitza Bonéva décrit le dispositif immersif comme un outil de mise en scène, une structure qui organise l'espace et le temps, oriente l'action et efface l'instance qui énonce. Dans un musée, les éléments sonores, visuels et interactifs influencent la posture (spectateur, acteur, observateur) et ouvrent une façon de documenter ce qui est vécu (Bonéva, 2012). Julie Woletz rappelle que l'immersion existait avant le numérique, l'enveloppement dans un lieu (panoramas, CAVE) et la limitation du champ de vision (stéréoscopes, HMD) renvoient à deux traditions anciennes d'effacer les limites entre le réel et ce qui est montré, aujourd'hui relancées par les mouvements du corps (Woletz, 2018). L'idée d'immersion sensorielle, transformée par la possibilité d'interagir en temps réel et de faire appel à plusieurs sens, fleurit dans ce contexte.

La simulation numérique ne cherche plus seulement à imiter l'apparence, mais aussi les comportements physiques, sociaux et interactifs. L'utilisateur hésite entre se laisser immerger et prendre le contrôle, créant ainsi une vision critique de la réalité. Au musée, l'image devient un outil pour agir, changeant notre façon d'apprendre. Maria Roussou explique comment les environnements interactifs immersifs peuvent aider à apprendre grâce à des parcours personnalisés et multisensoriels (ex. ReaCTor™). Elle souligne aussi les problèmes (coût, utilisation facile), en insistant sur le fait que l'explication doit être plus importante que la technique (Roussou, 2000). Dans le Mémorial de la No Mafia à Palerme, Carlo Andrea Tassinari analyse une mise en scène qui utilise les émotions (création, disposition, sensibilisation, moralisation) pour transformer le visiteur en citoyen engagé. Il met en garde contre certains dangers : des parties qui parlent trop d'elles-mêmes et un rôle trop important donné aux victimes (comme dans l'Holocauste), ce qui déséquilibre le rapport entre émotion et raison (Tassinari, 2023).

Le patrimoine, symbole et point de repère pour comprendre le temps (citation de Leniaud), nécessite de ressentir l'espace physiquement et émotionnellement (citation de Zevi). Les musées immersifs rendent cette vision dynamique et partagée du patrimoine plus vivante, en utilisant les sens et le corps comme moyens de se souvenir (Référence indiquée par l'auteur : « *Le patrimoine, un modèle actuel de représentation de l'espace et du temps ?* »). Gaëlle Lesaffre explique que la fiction peut être un moyen légitime d'expliquer si elle est claire, logique et bien

identifiée (en faisant la distinction entre ce qui est une interprétation et ce qui est connaissance établie). L'espace devient alors un lieu où les restes, les personnages et les environnements créent ensemble un monde qui a du sens (Lesaffre, 2012).

Pour aller plus loin, dans l'interprétation d'Eco, la difficulté de représenter la mort montre un espace flou où la forme prend son sens par son mystère. Les environnements immersifs qui parlent de ce qui ne peut être dit doivent donc prévoir des moyens de faire réfléchir.

Chaim Noy compare quant à lui, les livres d'or et les outils participatifs : plus d'interactions ne signifient pas forcément une participation réelle, les interfaces peuvent donner l'impression d'être ouvertes tout en renforçant le contrôle de l'institution. Il distingue l'interaction (agir sur) de la participation (création commune reconnue), une distinction essentielle pour les musées immersifs qui veulent donner du pouvoir au public (Noy, 2016). De plus, Isabelle Illanes (à propos de M.-S. Poli) rappelle que le texte d'exposition, comme un scénario visuel, influence le sens dans les environnements numériques, même en immersion, le texte reste un point de repère et un moyen d'interpréter activement (Illanes, 2022).

D'autres, comme Saleme et ses collègues, suggèrent d'utiliser plusieurs sens, comme le toucher, l'odorat et le goût, pour rendre les gens plus intéressés ; les problèmes à résoudre encouragent à utiliser des méthodes simples et faites maison, adaptées aux musées (Saleme et al., 2020). D'ailleurs, Perret et Vander Poorten font un inventaire des gants (gants haptiques), des dés (objets tangibles et interactifs qui permettent d'être connectés ou d'interagir avec des systèmes) et des exosquelettes (qui sont des dispositifs portables qui permettent aux visiteurs de se déplacer en mouvement avec une insistance, d'ailleurs, ces dispositifs sont souvent utilisés dans des cas de rééducation) qui permettent de ressentir les choses au toucher et de bouger. Cela est pertinent dans le cas des musées, puisque ces outils permettent de toucher et sentir des items intangibles. Toutefois, nous constatons la présence de difficultés notables : d'une part, les outils ne doivent pas être imposants et garder une taille tout à fait acceptable, et d'autre part, les outils ne doivent pas excéder une certaine somme. Pour cela, il est nécessaire d'anticiper la création et la mise en place d'un dispositif immersif en tenant compte de ces impératifs et il faut également imaginer des prototypes précis en amont, en pensant l'inclusivité de publics et de vérifier la facilité d'utilisation (Perret et Vander Poorten, 2021).

Certains auteurs expliquent comment les éléments extérieurs (comme les couleurs, les sons et

la musique) influencent et modifient notre façon d'appréhender les choses ; ces pratiques se développent dans les musées immersifs afin d'organiser des expériences multisensorielles dans le but d'influencer les sentiments, les émotions et la compréhension des visiteurs, c'est pour cela que les éléments exposés doivent être clairs (Velasco et al., 2018).

Certains outils peuvent être limités, en effet, l'HoloLens (Microsoft) limite le champ de vision d'une interface en demi-cercle : des objets copiés, des personnages qui racontent des histoires, des gestes simples et un ajustement automatique du corps, les résultats sont bons pour que les gens puissent utiliser et apprécier les visites avec réalité augmentée uniquement (Hammady et Ma, 2019).

Dans une même logique, Dal Falco et Vassos parlent des expériences où les objets évoluent et deviennent des personnages, avant, pendant et après la visite, par le biais de la réalité augmentée, l'intelligence artificielle et de programmes interactifs. Cela crée une histoire longue, pleine d'émotions et de relations sociales, qui convient particulièrement aux petits musées (Dal Falco et Vassos, 2017). Cette idée de narration évolutive est également enrichie par Pujol et ses collègues, qui combinent des personnages types, des informations sur les gens, la réalité augmentée et des histoires qui s'adaptent. Le parcours (temps, espace, rôles, façons d'interagir) crée une aventure culturelle personnelle que les visiteurs peuvent renouveler à leur convenance, prolongeant la visite (Pujol et al., 2022).

Pour structurer ces expériences immersives, des auteurs distinguent la façon dont on crée (montrer et exposer) et dont on développe (en ajoutant ou en distribuant) les liens entre le texte et l'image. Cette vision aide à organiser les différents moyens (texte, image, son, interaction) pour créer la compréhension et l'intérêt des visiteurs (Cameron et al., 2011). Les interfaces des musées immersifs servent de canal communicationnel, de Souza voit l'interface comme une façon de communiquer sur la communication. Ainsi, le musée entre dans une discussion avec les visiteurs par un va-et-vient d'indications et de retours visibles (de Souza, 2006).

L'utilisation du langage pour influencer l'esprit dans les histoires et les images qui orientent la façon de penser et d'agir, comporte un risque de dépendance au numérique si les signes sont utilisés pour captiver plutôt que pour faire comprendre. Dans un musée immersif, il faut donc faire preuve d'éthique dans la création. Le numérique change la façon dont on perçoit les objets en les transformant en quelque chose d'immatériel, les outils utilisés reflètent des choix politiques et esthétiques. Le musée immersif doit reconnaître l'importance des technologies qui façonnent l'accès à la connaissance. D'ailleurs, certains analysent le reportage immersif (vidéos

à 360°) comme un paradoxe : il promet un accès direct à la réalité, mais c'est une construction des médias. Dans un musée, cette promesse de vérité émotionnelle nécessite des outils critiques (cadrage, sources, contre-champs) (Toursel et Useille, 2020). Par ailleurs, d'autres montrent le lien entre la perception (personnelle ou avec les autres), ce qui nous motive (de l'intérieur ou de l'extérieur) et l'envie de visiter ; les outils interactifs et les histoires favorisent l'engagement émotionnel et intellectuel, ce qui est important pour que la culture et le tourisme durent (Herman et al., 2023).

Six niveaux différents existeraient : matériel, observation, structure, signification, utilisation, société ; dans les musées immersifs, cela crée des règles qui vont au-delà de la simple technique pour inclure le sens, l'action et les règles sociales (Liu, 2003). Une autre approche propose de comprendre les choses en utilisant des comparaisons, des associations et oppositions (métaphore/ironie) pour créer des visites personnalisées (scénarios, reconnaissance/création de plan) (Furtado et al., 2014). D'autre, souhaite une expérience naturelle qui se concentre sur le lien entre le corps, l'environnement et la technologie, la façon dont un outil suggère des actions en fonction de ce que le corps peut faire dans une situation est appelée *affordance cognitive* (Malacria, 2023).

Winograd et Flores nous encouragent à considérer la conception comme une interprétation personnelle, le contexte (habitudes, façons de faire) influence notre compréhension, et les problèmes deviennent des occasions d'apprendre. Pour l'immersion, il est important de prévoir des moments de pause et de réflexion (Winograd et Flores, 1987). Dans cette continuité, L'immersion ne veut pas dire qu'il n'y a pas de règles, dans les musées, l'immersion va de pair avec des méthodes traditionnelles qui permettent de prendre du recul. C'est plus efficace quand le visiteur possède les clés pour comprendre (surtout dans des environnements inconnus).

De son côté, Nicolas Esposito est d'avis à conserver l'ambiance des jeux qui impliquent des méthodes de réalité virtuelle recréant les atmosphères (lumière, sons, meubles, interactions) grâce à des enquêtes, des résumés et des modèles 3D interactifs ; cela peut être utilisé dans les musées pour relier le savoir à des souvenirs émotionnels (Esposito, 2005 ; Esposito, 2008). Cette approche sensible de l'immersion est également partagée par Nicolas et ses collègues (archéologues) montrent comment les scanners, l'impression 3D et la réalité virtuelle offrent de nouvelles façons de remettre les choses dans leur contexte, on peut explorer sans abîmer, manipuler des objets concrets, s'immerger mentalement, c'est une nouvelle façon de présenter les choses (Nicolas et al., 2015 ; 2016).

Dans une veine encore plus narrative, Olaz et ses collègues concentrent leur réflexion sur une réalité mixte sur place (projections 3D, personnage virtuel avec qui on peut parler, objets réels) qui combine différents domaines de conception, personnalisation et émotions, l'église de Roncesvalles est un exemple d'immersion narrative, intellectuelle et collective (Olaz et al., 2022).

Pour comprendre ce que produit cette immersion sur les plans sensoriel et symbolique, Dominique Chateau et Martin Lefebvre fondent le lien entre l'esthétique et la sémiotique sur l'idée de Firstness de Peirce (la première impression de sensation) : l'immersion dans un musée implique une perception sensorielle qui donne du sens. Cela justifie d'utiliser moins d'images et de sons pour privilégier la qualité de l'expérience plutôt que d'en mettre trop (Chateau et Lefebvre, 2008). En revanche, Élodie Mielczareck voit dans l'œuvre d'Attal une uniformisation qui aliène : la répétition et la neutralisation de l'espace créent un présent sans fin ($T_0 = T_1 = T_2$). Les musées immersifs doivent éviter ce cercle vicieux en réintroduisant l'histoire, les ruptures et les contrastes (Mielczareck, 2011).

Witting et ses collègues améliorent l'exploration en autonomie dans des espaces restreints par la méthode Next-Best View et la mémorisation du trajet, ce qui double la vitesse d'exploration. De même, des agents (robots, balises, guides numériques) pourraient adapter les visites aux centres d'intérêt et à la position des visiteurs, en gérant les embouteillages, les impasses et les cartes dynamiques de ce qui attire l'attention (Witting et al., 2018).

Les musées immersifs rendent le patrimoine plus accessible (Roussou, 2000), organisent des échanges construits ensemble (Gazendam, 2001 ; Gudwin et Queiroz, 2007) et adaptent l'expérience (Pujol et al., 2022 ; Dal Falco et Vassos, 2017). Mais leur fort impact émotionnel peut retenir l'attention et donner une fausse impression de participation (Noy, 2016), ou uniformiser les sensations (Mielczareck, 2011). Il est important de montrer comment l'information est présentée, de permettre les débats et de garantir une interprétation critique (Chandler, 2007 ; Toursel et Useille, 2020). Ainsi, la Firstness (Château et Lefebvre, 2008) n'est pas absolue : elle doit être intégrée à des règles (codes, normes, échanges) qui permettent de discuter du sens.

Une étude des signes de la virtualité dans les musées immersifs doit être évolutive, c'est-à-dire que le sens apparaît dans l'action, la perception et la construction commune (Hoxha, 2024 ;

Bloch, 2005). Elle doit aussi utiliser plusieurs formes d'expression, où les médias se mélangent et interagissent (Badir, 2007 ; Chandler, 2007). De plus, la présence est physique et située (Malacria, 2023). L'immersion continue des traditions d'enveloppement et de simulation (Woletz, 2018). Enfin, la morale et la pensée sur le pouvoir des émotions demandent de la transparence et des outils de pensée critique (Tassinari, 2023).

Ainsi, l'espace créé ne contient pas le sens : il le lance, le forme et le dirige en liant émotions, règles et actions dans une histoire discutée avec le visiteur. Le but est de baser ces histoires sur des accords clairs, des modèles à plusieurs niveaux, et des évaluations qui prennent en compte l'émotion, la compréhension et la responsabilité. Dans ce contexte, la narration immersive joue un rôle primordial, car elle structure le sens en mobilisant les émotions, les signes et les interactions. C'est dans cette optique sémiotique que l'expérience muséale s'articule et prend forme dans le but de transformer l'exposition en parcours de sens partagé.

3.3. Narration, immersion et sémiotique dans les musées immersifs

Cette partie parle de l'aspect narratif et symbolique d'un système immersif, en lien avec la façon dont on crée du sens, l'implication du public et la diffusion de la culture.

Le développement des musées immersifs change profondément la façon dont les organismes culturels perçoivent leur rôle de transmission. On ne se contente plus de simplement montrer des objets avec des textes : il s'agit maintenant de créer des histoires où l'on apprend par l'expérience, en échangeant et en construisant ensemble. Ce changement nous oblige à penser à trois points importants qui guideront cette réflexion : l'histoire, comprise comme une façon de s'exprimer adaptable, et pas seulement comme un récit simple ; l'immersion, vue comme un engagement du corps, des sens et des émotions ; et la façon dont on étudie les signes, pas comme une liste d'éléments, mais comme la science de la création et de la compréhension du sens dans une situation donnée. Si l'on considère que le musée immersif est un système de signes qui responsabilise les créateurs et les institutions (choix des voix, des façons d'interpréter, des possibilités offertes), alors il faut comprendre les types de signes et d'histoires qu'il utilise, les façons dont il encourage à participer, et les idées implicites qu'il transmet. Cette vision nous amène à relier des idées théoriques (Eco, Greimas, Fontanille, Merleau-Ponty, Keane, etc.) avec des exemples concrets (VR, AR/XR, systèmes numériques et physiques) pour élaborer une façon de comprendre comment fonctionnent les musées immersifs responsables.

Beaucoup de critiques se centrent la façon dont les musées racontent des histoires, disent qu'ils répètent une leçon simple en voulant plaire, en fixant un début, un milieu et une fin, mais en laissant peu de place à l'action du visiteur. Au contraire, les environnements immersifs utilisent des récits non linéaires et connectés, qu'on peut modifier et où le visiteur peut changer le déroulement de l'histoire, l'ordre des informations ou le point de vue utilisé. L'étude de Choi, Park et Jun sur le mur de la ville de Séoul (Hanyangdoseong) en est un bon exemple, la réalité virtuelle y est conçue comme un système avec des choix, basé sur l'évaluation de l'importance du lieu, un marquage des préférences spatiales et un regroupement qui divise les histoires en différentes parties ; le visiteur « vit » l'histoire et participe à sa fin, ce qui renforce l'appropriation des informations historiques et la personnalisation de l'expérience (Choi et al., 2024).

Ce passage du récit à l'expérience vécue trouve une base théorique solide dans l'interprétation d'Umberto Eco faite par Bujar Hoxha. Selon Eco, raconter une histoire est un processus ouvert, où le texte (ou l'installation) reste une structure ouverte, nécessitant une participation active de l'interprète qui change selon les différentes périodes de temps utilisées (réelles, inventées, psychologiques, liées à d'autres textes). Cette variété de temps n'est pas seulement un décor, mais la base même de l'interprétation. Ces principes montrent comment les éléments de la mise en scène, en tant qu'histoires ouvertes, invitent à des parcours variés qui mêlent réalité et fiction pour créer une expérience personnelle d'interprétation (Hoxha, 2023). De plus, Hoxha souligne que l'histoire, au lieu de séparer réalité et fiction, relie différents codes retravaillés par celui qui interprète, la diversité des temps (réel, fictif, psychologique) permet différentes façons de comprendre, ce qui, dans un environnement immersif qui fait appel à tous les sens, transforme l'immersion en une histoire vivante, une « *forêt narrative* » comme le dit Eco, où la façon dont le visiteur se sent fait partie du sens (Hoxha, 2024).

Un musée immersif n'est pas seulement une suite d'images à regarder, c'est une expérience où les sens sont impliqués, un mélange de la façon dont on donne du sens et de la façon dont on ressent les choses. L'apport de Driss Ablali est très important ici, en mettant le ressenti (avant même de penser, sensible) au cœur de la manière dont on donne du sens, il change notre compréhension de la signification en se basant sur le corps, la présence sensible et l'émotion, éléments essentiels pour comprendre l'expérience immersive. Dans un musée immersif, le sens ne vient donc pas seulement d'histoires structurées (séparées), mais aussi du contact sensible

avec l'environnement (continu), de l'intensité des expériences et de la présence simultanée du sujet et du monde (Ablali, 2004).

La discussion entre la façon dont on ressent les choses et la façon dont on donne du sens, proposée par Sémir Badir, renforce cette idée. La description des bases cachées du sens n'est utile que si elle prend en compte la façon dont le phénomène apparaît, sa qualité et son aspect concret. L'idée de « *sémioception* » rappelle ainsi que toute perception dans un musée est influencée par des idées symboliques. Mais, dans l'immersion, ces idées sont replacées dans une relation physique avec l'espace, que la façon dont on donne du sens peut décrire sans réduire l'expérience à un simple « *texte* » (Badir, 2020).

En termes de conception, la carte sensorielle de Kate McLean montre comment les paysages olfactifs, sonores et tactiles permettent de rendre réelles des dimensions de l'environnement qui seraient autrement invisibles. Transposés à la muséographie, ces outils utilisent l'odorat, l'ouïe, le toucher et aident à ancrer la mémoire dans l'expérience, tout en montrant l'importance de la façon dont on ressent les ambiances (McLean, 2022).

Les nouveaux usages des technologies immersives ne sont pas seulement des moyens de communication ; elles changent complètement la façon dont on perçoit l'espace dans un musée. L'étude de Jung et Dieck montre que la réalité étendue change notre perception de l'espace, de l'histoire et du rôle du visiteur, que l'interaction avec plusieurs sens nous aide à nous approprier les informations, et que le récit raconté dans l'espace place l'histoire dans un ensemble d'indices, d'événements et de points de repère que le visiteur explore activement. De ce fait, le visiteur devient un participant (Jung et Dieck, 2019).

De plus, l'idée entre le physique et le numérique décrite par Lupo fait évoluer le musée vers un endroit où le matériel et l'immatériel se rejoignent, et où l'innovation basée sur la culture implique la création, l'organisation et la personnalisation à plusieurs. Le musée devient un lieu où l'on raconte des histoires et une plateforme où l'on peut participer grâce à des outils tels qu'ArtLens ou des installations immersives (Lupo, 2021).

Sur place, les travaux de Pacheco et ses collègues montrent à quel point la réalité augmentée géolocalisée et la reconstruction 3D sont efficaces pour placer la mémoire dans l'espace, l'environnement réel devient une façon de raconter une histoire, les différentes époques se superposant au présent en fonction de la position et de l'orientation du visiteur. Cette histoire racontée sur place, avec des points d'intérêt, relie les émotions, le lieu et l'histoire, pour une

compréhension plus personnelle (Pacheco et al., 2014). Cependant, certains nous invitent à être prudents. La réalité augmentée/virtuelle peut, si elle est mal utilisée, simplifier la découverte du patrimoine, uniformiser les histoires et encourager le tourisme de masse de l'histoire. Le musée a donc la responsabilité de combiner l'effet d'immersion avec la rigueur historique, la diversité des opinions et le respect de la représentation (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019).

Les projets EMOTIVE22 transforment la découverte du patrimoine en se basant sur une histoire émotionnelle et une conception axée sur l'utilisateur. Perry et al. (2017) soulignent les défauts des musées virtuels axés sur l'objet et plaident pour des histoires plus personnelles, une interactivité accrue et l'attention portée aux dynamiques sociales (groupes de personnes), afin que la visite devienne une expérience partagée et mémorable (Perry et al., 2017). Katifori et d'autres, décrivent en détail les outils (éditeur de scénarios, extensions de réalité mixte, rendus photoréalistes, objets tangibles peu coûteux) permettant de créer ces expériences personnalisées à la fois sur place et en ligne (Katifori et al., 2018). Berlanga-Fernández et Reyes, du point de vue des humanités numériques, montrent que ces environnements immersifs créent une présence accrue où le sens n'est pas simplement reçu, il est créé à la rencontre du corps, de l'espace et de la technologie. Le visiteur n'est pas isolé, il est situé dans un environnement d'actions, d'émotions et de signes numériques (Berlanga-Fernández et Reyes, 2024).

À cette échelle, l'interaction tangible et personnelle renforce l'appropriation. Ho Chu et Mazalek, à travers le projet EMBody, montrent comment des objets augmentés, manipulables, favorisent une exploration sensorielle qui renforce la mémoire et l'engagement intellectuel, transformant le musée en un environnement dynamique et participatif (Ho Chu et Mazalek, 2019). Si l'influence est partagée, elle doit aussi être examinée et discutée. En étudiant les parcours des visiteurs à grande échelle, Hoseb Abkarian et son équipe utilisent des données GPS pour identifier, grâce au regroupement, six façons différentes de s'impliquer. L'âge, la connaissance de l'événement et le type de billet ont un impact sur les déplacements dans l'espace et le temps, ce qui incite les créateurs à adapter les mises en scène à la diversité des visiteurs (Abkarian et al., 2022).

Dans une approche participative, Vanessa Ágata de Abreu Santos et Jan van der Borg montrent, à travers des cartes culturelles créées ensemble, comment les trois idées de Lefebvre (espace imaginé/ressenti/vécu) révèlent des histoires émotionnelles et des liens cachés pour les outils venant d'en haut, la cartographie des histoires et des émotions deviennent des façons d'ancrer la mise en scène dans les voix des communautés, contre les politiques qui imposent une seule

culture (de Abreu Santos et van der Borg, 2023). En même temps, Alexandra Galitzine-Loumpet ouvre un sujet important dans les contextes postcoloniaux, les musées numériques, basés sur l'image, l'explication et l'intention plutôt que sur les objets réels, créent des musées symboliques qui soulèvent des questions d'authenticité, de reproduction virtuelle et de visibilité de la diaspora. Un musée immersif qui s'en inspire doit faire de la narration un espace de dialogue plutôt qu'un simple remplacement de l'objet (Galitzine-Loumpet, 2014).

Un des plus grands dangers de l'explication numérique est le désordre de symboles souligné par Marie Després-Lonnet. En effet, les images, autrefois claires, ont perdu leur sens évident et nécessitent une mémoire visuelle, une habitude ou un apprentissage implicite, sans un ensemble cohérent de symboles (métaphores, étapes à suivre, réactions). L'interface immersive mélange les codes au lieu de faciliter l'action, ce qui crée de la confusion et des difficultés (Després-Lonnet, 2004).

Plus tôt encore, Abdelmajid Chadli rappelle les problèmes d'une étude des symboles qui ne tiendrait pas compte de la façon dont on les utilise, de l'inflexibilité des modèles narratifs, de l'absence de règles pour passer d'un niveau de signification à un autre, de l'ignorance du contexte dans lequel ils sont reçus. Pour le musée immersif, la conséquence est claire. Il faut considérer l'exposition comme une action de communication située, où le visiteur participe à la création du sens, en y apportant ses émotions, ses perceptions et ses références culturelles (Chadli, 2008). Ce point rejoint, d'un point de vue critique, l'idée d'une idéologie des signes avancée par Webb Keane : aucun système de signes n'est neutre. Les technologies qui font appel aux sens et à la narration activent des idées culturelles, politiques et esthétiques sur ce qu'est un signe, ce qu'il peut faire et à qui il « *parle* ». Identifier ces façons de comprendre et en assumer la responsabilité relève d'une éthique de conception et d'explication (Keane, 2024).

L'avertissement est d'autant plus important qu'il est toujours d'actualité. Hodge et D'Souza, dès 1976, ont analysé la galerie aborigène du Western Australian Museum comme un moyen de communication de masse où des codes artificiels peu clairs risquent de trahir ou d'étouffer les moyens d'expression sensoriels et oraux des cultures exposées, la reconnaissance des formes non verbales (matérielles, multisensorielles) y apparaît comme une condition pour une communication moins centrée sur une seule culture (Hodge et D'Souza, 1976).

Sur ces réflexions, la création de musées immersifs devient un art d'assembler des lieux, des significations et des émotions pour une communication accessible à tous. Ces nouveaux musées

offrent de nombreuses possibilités de communiquer et de participer, ce qui aide à s'investir, à se souvenir et à rendre les expériences accessibles. L'importance accordée à la création centrée sur l'utilisateur, à la création en commun avec le public et les experts, et à l'attention portée aux aspects spatiaux, sensoriels, émotionnels et intellectuels vise à aller au-delà du simple regard pour créer une relation entre le visiteur et le patrimoine ; le musée devient un lieu d'expérience et d'échange culturel amélioré.

Le musée immersif responsable utilise des histoires ouvertes où le visiteur a un rôle actif, structuré par des choix clairs (montrés sur une carte et justifiés). Les moments (réels, imaginés, ressentis) doivent être clairs et compréhensibles, pour que le visiteur sache où il se situe dans l'histoire (Hoxha, 2023 ; Hoxha, 2024 ; Choi, Park et Jun, 2024). L'histoire s'écrit dans le lieu, pas à côté : des points de repère, des zones qui attirent l'attention, des endroits où l'on ressent des émotions fortes, des transitions que l'on peut sentir, des objets que l'on peut toucher et des paysages olfactifs, sonores et tactiles aident à comprendre les choses avant de réfléchir et à s'en souvenir (Jung et Dieck, 2019 ; McLean, 2022). Pour éviter le désordre d'informations, il faut simplifier les choses, utiliser des images simples pour l'interface et s'assurer que les actions ont un effet visible, il faut apprendre à comprendre en pratiquant, mais en étant guidé par des repères clairs (Després-Lonnet, 2004).

Les histoires qui touchent fonctionnent bien quand elles sont liées à des lieux, des communautés, des souvenirs et que l'on peut les partager (présence ensemble, synchronisation, rôles différents). La création en commun et l'attention aux différents types de personnes limitent les idées du conservateur (Perry et al., 2018 ; Katifori et al., 2017). L'analyse des trajets réels (suivi volontaire, respect de la vie privée) et des types d'utilisation (regroupement) permet une création adaptable qui offre différents choix sans imposer de comportements. Le but est d'ouvrir des chemins de compréhension variés (Abkarian et al., 2022).

Les cartes culturelles participatives (cartes d'histoires et d'émotions) offrent des bases pour intégrer des histoires locales et des émotions. Elles réduisent les erreurs des politiques qui ne tiennent compte que d'une seule culture et renforcent la crédibilité du dispositif (De Abreu Santos et Van der Borg, 2023).

Tout dispositif doit expliquer clairement ces éléments : qui parle ? au nom de qui ? avec quelles conséquences ? Et accepter les tensions entre la présentation, la visibilité et les risques d'utilisation inappropriée. Le matériel numérique et les contextes postcoloniaux nécessitent une manière de gérer les symboles tout en tenant compte des enjeux.

Les activités doivent également s'inscrire dans une suite logique (avant, pendant, après la visite) : informations avant la visite, guides sur place, activités en ligne, tout en privilégiant l'importance du lieu pour les sites sensibles. Le lien entre le physique et le numérique n'a d'intérêt que s'il permet de comprendre et de se souvenir.

Le musée immersif n'est ni un lieu de divertissement ni seulement de la technologie, c'est une façon d'organiser les informations qui permet d'agir, de voir et de comprendre, où la connaissance devient réelle grâce à l'expérience. Le succès ne dépend pas du nombre d'écrans ou du réalisme des images, mais de l'équilibre entre : (a) des histoires faciles à comprendre ; (b) des éléments qui aident à être attentif, à se souvenir et à ressentir des émotions ; (c) un ensemble de signaux clairs ; (d) une participation et une diversité réelles des opinions ; (e) une façon claire d'expliquer et de montrer les choses.

Les études citées montrent que le rôle actif du visiteur, l'implication de la communauté, l'utilisation de tous les sens et la création commune font passer l'explication du rôle de simple transmission à celui de création commune : la réalité virtuelle pour raconter des histoires (Choi, Park et Jun), la réalité étendue spatialisée (Jung et Dieck, 2019), les histoires qui touchent et l'interaction physique, la réalité augmentée géolocalisée (Pacheco et al.) montrent un avenir où la responsabilité n'est plus une option, mais la base d'une compréhension partagée, claire, située et ouverte à la discussion.

La façon de comprendre l'immersion proposée ici, qui relie la structure et l'expérience, les signes et le corps, l'idéologie et l'émotion, offre un moyen de créer et d'évaluer des musées immersifs qui ne se contentent pas d'impressionner, mais aident à mieux voir, ouvrent les histoires et rendent compte des mondes dont ils s'occupent. C'est ainsi que l'immersion devient, non pas un obstacle, mais une façon claire de comprendre le patrimoine.

3.4. CONCLUSION DE LA SECTION

L'étude des signes dans les musées immersifs nécessite plusieurs approches et perspectives différentes : une façon de comprendre les signes (Saussure, Peirce) et les règles (Eco), une étude sur la manière dont les gens utilisent et sont affectés par ces musées, une logique de compréhensions du sens à travers l'expérience personnelle, une étude de la manière dont les images et les photos sont utilisées, une étude des signes dans l'espace et les objets, une façon de raconter des histoires avec de nombreuses voix différentes, des approches expérientielles et l'implication des visiteurs, des dynamiques de compréhension sur comment le sens évolue, et

une façon de penser de manière critique. L'idée de Saussure est importante pour comprendre les règles et les oppositions dans une exposition immersive (par exemple, le contraste clair/sombre comme une différence importante), mais elle ne suffit pas à expliquer comment le sens apparaît au fur et à mesure que l'on avance. L'idée de Peirce capture la façon dont les visiteurs découvrent des indices et des images, tandis qu'Eco nous rappelle que les règles sont établies au fil du temps et que l'œuvre ou l'installation s'attend à un certain type de visiteur. Une conception immersive responsable doit donc combiner la structure des règles (Saussure), la manière dont les gens cherchent à comprendre (Peirce) et une stratégie pour guider l'ouverture d'esprit (Eco).

Si l'immersion rend les idées fausses naturelles, c'est toujours dans un environnement où les images et les souvenirs circulent, l'analyse doit donc séparer les façons dont les choses sont exprimées (formes visuelles) et ce qu'elles signifient (histoires, souvenirs) et reconnaître ce qui est « *intraduisible* » et nécessite une interprétation approfondie. On obtient ainsi un ensemble de trois éléments : spectacle, culture, commentaire pour guider la façon dont on partage l'information (Barthes, 1957 ; Leone, s.d. ; Meeùs, 2009).

Le sens personnel apparaît à travers un corps de musée en situation, en mobilisant des façons de penser multisensorielles et des compétences d'interprétation fondées sur la culture. La conception immersive doit donc prendre en compte les personnes : ajuster les éléments corporels et culturels sans confondre l'ergonomie et la simplification du sens (Zlatev, 2012 ; Klinkenberg, 2010 ; Sonesson, 2011).

Les schémas de conception combinent l'image, la structure et la similitude. Concevoir une salle, c'est « *composer* » ces trois éléments pour soutenir des déductions logiques et compréhensibles (Brandt, 2012 ; Thellefsen et Friedman, 2023 ; Caccamo, 2022). L'efficacité d'une immersion est évaluée par la façon dont elle encourage la recherche (méthode), la façon dont elle soutient les utilisations spécifiques (information pratique) et la façon dont elle augmente les connaissances (l'information comme un processus de signification). Ces trois mesures se rejoignent pour former des indicateurs fiables qui vont au-delà de la simple « *satisfaction* » (Bergman, 2007 ; Lyytinen, 1987 ; Vogel, 2014).

Le « *labyrinthe* » d'Eco est une condition pour que l'interprétation se fasse ensemble. Hoxha transforme ces « *bruits* » en ressource. La bonne question de conception n'est pas « *réduire le bruit* », mais « *organiser une polyphonie* » où chaque détour produit du sens sans perdre le fil de la recherche (Hoxha, 2018 ; Eco, 1962 ; Eco, 1976). Ainsi, le mélange de narration,

d'immersion et d'étude des signes dans les musées immersifs permet aujourd'hui de changer profondément la façon dont on partage le patrimoine. Ces outils mettent le visiteur dans un rôle actif, le plongent dans des histoires spatiales, sensorielles et temporelles variées, et font appel au corps, aux émotions, aux souvenirs et à l'intelligence. Cependant, ce changement pose des problèmes. En effet, il faut rester fidèle à l'histoire, donner la parole à plusieurs voix et opinions, rester accessible à tous, éviter que tout se ressemble et que les histoires soient douteuses sur le plan moral, et comprendre que les signes ne sont pas neutres, mais porteurs d'idées.

La responsabilité des musées aujourd'hui est donc de créer des projets conscients, qui racontent une histoire, étudient les signes et sont immersifs, tout en étant réfléchis, participatifs, ouverts à tous et critiques. Les musées immersifs peuvent devenir des lieux d'apprentissage, d'expériences enrichissantes, mais aussi des lieux où l'on remet en question les histoires, les pouvoirs et les significations. L'étude sémiotique des musées immersifs a révélé la diversité et la sophistication des outils sensoriels et symboliques employés pour construire l'expérience du visiteur. Grâce aux méthodes d'analyse de Saussure, Peirce, Eco, Barthes et de nombreux penseurs actuels, l'immersion a pu être vue comme un langage varié, où les signes, le corps, l'espace et l'histoire se mélangent dans un processus dynamique d'interprétation. L'étude des signes nous a donc donné des outils puissants pour comprendre comment les musées immersifs créent du sens, en combinant des signes qui ressemblent, montrent et symbolisent, en organisant l'exposition de manière narrative et spatiale, mais aussi en faisant participer activement le visiteur, qui devient un acteur de l'expérience à la fois sensorielle, intellectuelle et émotionnelle. En insistant sur les aspects concrets de la manière dont on crée du sens, les approches actuelles ont élargi le domaine d'étude des signes à l'expérience vécue, à la mémoire, aux émotions et au corps, transformant le musée en un lieu d'interprétation personnel, subjectif et en constante évolution. Cependant, cette interprétation fondée sur l'étude des signes, qui se concentre sur les signes et les outils, ne suffit pas à elle seule à comprendre tous les enjeux culturels, sociaux et politiques des musées immersifs. Même si l'on a vu que tout lieu de musée est porteur de codes et d'idées reçues, il faut aussi s'intéresser aux personnes qui les visitent, à ce qu'elles en font, aux groupes et aux identités auxquelles elles appartiennent ou qu'elles créent, ainsi qu'aux relations de pouvoir qu'elles mettent en avant ou contestent.

C'est là que la sociologie et l'ethnologie prennent le relais. En étudiant les pratiques sociales, les parcours des visiteurs, les façons dont ils s'approprient ou sont exclus, ces disciplines prolongent et enrichissent l'étude des signes. Elles permettent de replacer les outils immersifs dans des contextes sociaux concrets : qui les crée, pour qui, avec quelles intentions, dans quels

cadres administratifs, économiques et politiques ? Comment les expériences vécues sont-elles différentes selon l'âge, le sexe, l'origine, le niveau de culture ? Quelles tensions apparaissent entre le spectacle, la médiation et le commerce ? Et comment les musées peuvent-ils devenir, grâce à l'immersion, des lieux de dialogue, de diversité et de participation ?

À partir de ces interrogations, la partie qui suit entamera une pensée croisée en s'appuyant sur les idées de la sociologie de la culture, de l'ethnologie muséale et des études critiques. L'objectif sera d'aller au-delà de la simple idée du sens que ces outils créent, afin d'étudier les conditions sociales de création, d'accueil et d'utilisation de ces aventures immersives.

SECTION 4 : Approche théorique : la dimension sociologique

Après avoir étudié les musées dans leur dimension sémiologique/sémiotique, comme des moyens de créer du sens, des signes et des moments symboliques, nous allons maintenant nous concentrer sur les situations sociales, culturelles et politiques dans lesquelles s'inscrivent les musées et, par extension, le dispositif immersif. En effet, les musées ont de tout temps été touchés par des représentations sociales, par des jeux de pouvoir, des difficultés d'accès, des idées partagées et des diversités mitigées.

Les méthodes de la sociologie de la culture et de l'étude des cultures au musée aident justement à remettre les systèmes immersifs dans les conditions où ils sont apparus, où ils sont utilisés et où ils sont reçus. Elles nous encouragent à voir les musées non seulement comme des lieux destinés à la découverte de savoirs multiples, mais également comme des organisations sociales modelées par des règles, des plans, des images et des groupes de personnes variés.

4.1. Musées comme espaces de participation : fonction sociale du musée

Aujourd'hui, repenser le rôle social du musée implique de dépasser ses trois missions traditionnelles : conserver, étudier, exposer. Le musée devient un lieu de participation et de co-construction des savoirs. Cette collaboration savante se voit construire par des individus et groupes, ce qui remet en question et renouvelle la présentation et la transmission des savoirs, avec une considération particulière pour la manière dont ces connaissances sont présentées, exposées, avec une attention particulière portée sur la responsabilité collective dans la transmission.

L'idée centrale de ce chapitre se focalise sur l'idée que le développement des dispositifs immersifs et participatifs ne relève pas simplement d'une évolution technologique. Il transforme en profondeur la manière dont les musées formulent la vérité, présentent les preuves, établissent les règles de représentation, et surtout, accueillent les visiteurs. Autrement dit, la participation ne constitue pas un simple ajout fonctionnel : elle représente un véritable défi institutionnel. Ce tournant exige un partage du pouvoir, une réflexion critique sur l'histoire, notamment postcoloniale, la prise en compte des expériences personnelles, ainsi qu'une ouverture à des formes d'apprentissage multiples et inclusives.

Pour que cette transformation soit significative, il est nécessaire de mettre en dialogue des notions clés, telles que le respect de l'autre, le partage culturel, l'appropriation, la libération, la valorisation du patrimoine, ainsi que les politiques publiques, sans les dénaturer, et de les expérimenter concrètement dans les musées.

L'essor des activités immersives et participatives n'est pas seulement une mise à jour technologique. Cela change la façon dont on perçoit la vérité dans un musée, la manière dont les preuves sont présentées, les règles de conduite relatives à la représentation, ainsi que la manière dont les visiteurs sont accueillis. En d'autres termes, la participation n'est pas seulement une plus-value, mais un véritable tournant pour le musée. Cela implique de partager le pouvoir, de réfléchir à l'histoire (surtout après la colonisation), de reconnaître les expériences personnelles et d'ouvrir le débat sur les différentes façons d'apprendre. Pour cela, il faut relier différentes idées (comme le respect des autres, le partage de la culture, l'appropriation, la libération, la promotion du patrimoine, les politiques publiques) sans les déformer et les tester dans des musées réels.

L'approche de Levinas, offre une base solide pour comprendre ce changement vers la participation. Pour Charles, l'art n'est plus un simple divertissement en période difficile, mais devient un acte de générosité totale, un mouvement vers l'autre sans retour, qui brise la limitation du « *beau* » indépendant et ouvre l'œuvre vers l'infini et le temps de l'autre. La véritable œuvre, qu'il appelle « *liturgie* », dépasse tout objectif utilitaire et laisse place à une parole vivante qui s'oppose à la fermeture de ce qui a été dit (Charles, 2000). Ciaramelli précise que l'art ne révèle pas une vérité fixe, mais résonne avec le « *il y a* », un fond obscur de l'existence, qui appelle à une interprétation sans fin. C'est parce que l'œuvre résiste à ce qui est dit qu'elle invite à une interprétation vivante, autrement dit, une communication avec autrui qui

ne se laisse pas enfermer (Ciaramelli, 1994). Olcèse, en redonnant de la valeur au plaisir, y voit le moment où se forme le moi sensible. Le plaisir rend vulnérable et donc ouvert aux autres. L'art, et surtout la poésie, réveille cette sensibilité première et peut faire naître une responsabilité (Olcèse, 2022). Enfin, Armengaud rappelle la tension chez Levinas entre l'interdiction de la représentation et la possibilité d'un art qui contourne l'idolâtrie par des pratiques d'effacement. Il s'agit d'obstruer les formes pour laisser apparaître le visage, d'éviter de piéger l'autre par l'image et de rouvrir l'appel éthique (Armengaud, 2000).

Présentées dans un musée, ces idées empêchent de penser que l'immersion et l'attention sont la même chose. Une présentation qui immerge les visiteurs peut soit cacher les autres sous un effet spectaculaire, soit laisser de la place pour le calme, le silence, et d'autres points de vue où l'on peut exprimer ce qui est différent. La participation devient alors moins mesurable, et davantage une manière de partager ce qui est présenté, s'ouvrir à l'histoire des autres (la communauté concernée, les autres visiteurs, les personnes qui expliquent), accepter que l'œuvre ne soit pas totalement « *à nous* », et que ce que l'on dit dépasse nos expressions (Charles, 2000 ; Ciaramelli, 1994 ; Olcèse, 2022 ; Armengaud, 2000).

Dans les musées immersifs, la médiation représente un ensemble d'actions qui crée un lien entre celui qui envoie, celui qui est entre les deux, et celui qui reçoit, moins comme un simple transfert d'informations que comme une création de sens partagée. Ces formes (orales, écrites/techniques, numériques, participatives) changent les rôles et mélangent le spectacle, l'enseignement et l'animation. Cette importance s'accompagne d'une fragilité. En effet, la médiation est considérée comme coûteuse, peu prioritaire dans un système où il faut être rentable, menacée par l'automatisation et l'intelligence artificielle, alors que les œuvres (surtout celles d'aujourd'hui) sont de plus en plus compliquées et ont besoin de personnes capables d'ouvrir plusieurs portes d'entrée, avec des moments différents et sur mesure. Ce rôle demande des compétences spécifiques, une bonne culture générale, une connaissance précise des visiteurs, une bonne compréhension des situations économiques et sociales, la gestion de projets et la recherche d'argent. En somme, le médiateur est un acteur important plus qu'une simple personne qui transmet. Pourtant, la profession n'est pas encore bien définie ; les noms changent ; les statuts sont différents ; la position dans l'organisation est basse ; il y a des tensions avec le marketing qui utilise les mêmes outils pour comprendre les visiteurs mais cherche d'autres choses (améliorer, convertir, fidéliser). La médiation est à la fois nécessaire et fragile, touche à tout et peut être détournée : un paradoxe qui se retrouve dans toute idée de participation.

La participation ne sort pas de nulle part, elle fait partie d'une longue série de règles culturelles françaises où l'on se bat entre la démocratisation (l'accès aux œuvres importantes) et la démocratie culturelle (l'acceptation de toutes les façons de faire). Fondu et Vermerie pensent que le grand changement s'est fait avec Malraux (1959) puis Lang (dans les années 1980). L'État assure l'accès à la culture, puis affirme que la culture comprend aussi les activités des amateurs et des gens ordinaires, mais l'importance de l'argent et le fait de donner plus de pouvoir aux régions rendent le but initial moins clair et augmentent les inégalités entre les endroits (Fondu et Vermerie, 2016).

Arnaud refait le chemin de l'idée de se libérer et d'apprendre aux citoyens à bien réfléchir, puis il montre comment la sociologie de la reproduction critique cette idée. A partir des années 1960-70, se libérer veut dire mettre en avant les cultures moins importantes, et plus récemment, cela veut dire être créatif, ce qui est parfois utilisé par les institutions, au lieu d'aider à résister, se libérer peut devenir une façon de s'adapter (Arnaud, 2015). Même si on essaie d'ouvrir les accès (en rendant l'entrée gratuite, en étant plus près des gens), il y a toujours des non-publics (gens qui ne viennent pas), le travail des conservateurs, des bibliothécaires, des professeurs, des animateurs et le fait de construire ensemble avec les villes sont très importants, mais ils sont limités par des inégalités importantes qu'on ne remet presque jamais en question.

Dans les projets de région, Langeard montre que la participation des habitants est de plus en plus utilisée pour aider les gens à s'intégrer et à construire ensemble. Cependant, on ne sait pas tellement ce que veut dire participation, ce qui crée des problèmes pour les professionnels des musées et rend difficile de savoir si ça marche bien, il vaut mieux regarder comment les choses changent au fur et à mesure, plutôt que de simplement regarder des chiffres à la fin (Langeard, 2016).

Ces analyses nous mettent en garde : si on ne fait pas attention, la participation aux musées pourrait juste être une esthétique pour attirer plus de monde, ou pour faire accepter des histoires qu'on a déjà décidées (Arnaud, 2015 ; Langeard, 2016).

Le fait de considérer le monde comme un patrimoine, lié à la mondialisation et au numérique, a conduit les musées à placer aujourd'hui les visiteurs au centre. Ils doivent varier ce qu'ils

proposent, garder les visiteurs intéressés, et créer des expériences qui touchent les gens. Le numérique est maintenant une norme de découverte des choses. Mais en même temps, on fait du marketing autour du patrimoine, et en voulant attirer les gens, on risque de le transformer en marchandise, de perdre son côté authentique et de faire du musée un simple endroit où l'on ressent des émotions. Le but n'est pas de ne pas faire de marketing, mais de le faire de façon responsable. Il faut que l'expérience aide les gens à comprendre les choses, et ne pas la voir comme un produit à vendre.

Dans ce contexte, le fait de s'approprier les objets, comme l'expliquent Derlon et Jeudy-Ballini, ressemble moins à un vol qu'à une manière de comprendre. On fait circuler les connaissances, on les transforme, on en discute, parfois on se dispute, parfois on change les règles. S'approprier les connaissances change l'objet et la personne, et cela peut aider les individus qui ont moins de pouvoir ou qui présentent des différences (Derlon et Jeudy-Ballini, 2015). Un musée qui fait participer les gens essaie justement de guider cette façon de s'approprier les choses sans l'empêcher, en acceptant que cela puisse avoir des bons et des mauvais côtés (Derlon et Jeudy-Ballini, 2015).

Pour Suzzarelli, les musées modernes évoluent. Les mises en scène sont interactives et connectées, tenant compte de tous et de la société. La recherche, la collecte et la communication se transforment avec l'importance de la parole et du numérique, ainsi le musée agit dans la société (Suzzarelli, et al., s.d.). Mais le musée n'est jamais neutre. Moulin (avec Caillet) explique que le musée est un lieu social où se jouent les valeurs importantes, la reconnaissance et l'approbation. L'étude des métiers et l'économie de la culture montrent les rapports de force entre la création, le marché et l'administration (Moulin et Caillet, 1994). L'histoire du quai Branly analysée par Grognet révèle ces problèmes. En rendant beaux des objets qui ont perdu leurs racines, le musée risque de refaire les erreurs du passé et de cacher comment ils ont été obtenus. D'un autre côté, la science de l'ethnologie n'a pas toujours réussi à se renouveler, laissant la place à des musées qui cherchent surtout à impressionner (Grognet, 2007). Ici, la participation ne peut pas se limiter à des écrans, elle demande à ce que chacun puisse s'exprimer, jusqu'à partager la manière de raconter les histoires, et à ce que l'histoire des collections soit connue de tous (Grognet, 2007 ; Moulin et Caillet, 1994).

L'histoire de l'influence du musée sur la société nous aide à comprendre le musée d'aujourd'hui. Vergnioux rappelle que le musée de la Révolution, puis de la République, devient un moyen d'éduquer le peuple et d'améliorer la société. La Troisième République va encore plus loin avec les musées dans les écoles, en associant les collections et une manière

d'apprendre simple (Vergnioux, 2007). En parallèle, la collaboration entre les classes sociales, la participation, l'expression et la créativité, loin des modèles de l'école et de la médecine, même si la sociologie critique montre, dès les années 1970, que les classes moyennes s'en emparent et que cela fonctionne moins bien avec les classes populaires (Eloy, 2016). Besse situe les MJC²⁰ dans ce contexte. Un projet de société pour vivre la culture, très important dans les années 1970, puis plus fragile (à cause de la concurrence, de l'argent, de l'offre) et qui essaie de se renouveler en accueillant les cultures urbaines. Une tension constante entre l'engagement et la gestion, l'éducation et l'institution (Besse, 2016). Cette histoire montre que la participation aux musées aujourd'hui s'inscrit dans une tradition d'éducation populaire, mais doit éviter de refaire les mêmes erreurs : être trop directif, uniformiser les cultures, cacher les problèmes (Vergnioux, 2007 ; Eloy, 2016 ; Besse, 2016).

Les collections techniques étudiées par Corcy et Demeulenaere-Douyère, souvent temporaires, dispersées, modifiées, montrent que ce qui est considéré comme patrimoine peut changer : l'utilité, le fait d'être dépassé, les changements politiques et économiques influencent la mémoire technique. Le musée se trouve partagé entre trois missions essentielles : préserver les objets, produire du savoir sur eux, et les rendre accessibles et compréhensibles au public (Corcy et Demeulenaere-Douyère, 2017). La participation peut ici constituer un moyen de faire preuve de prudence. En effet, les communautés de pratique, les anciens employés et les amateurs éclairés participent à la documentation, à la transmission et parfois à la reconstitution de ces ensembles, diminuant ainsi le risque d'oubli (Corcy et Demeulenaere-Douyère, 2017).

Dans un style plus littéraire, le musée n'est pas seulement un endroit beau, mais aussi un refuge pour les souvenirs où se mélangent l'étrange et le laid. Le musée se bat contre l'oubli, mais risque de figer le vivant, rendre statique ce qui devrait rester dynamique. Dans un musée immersif, cette appréhension devient une véritable démarche, concevoir des espaces où l'on n'a pas besoin de tout comprendre, admettre qu'une part de mystère est nécessaire pour que la rencontre puisse véritablement s'opérer.

Si l'on doit évaluer la participation, Leclerc propose de changer nos aprioris. Au lieu de chercher un « *impact* » lointain et difficile à cerner, il faut plutôt regarder comment l'expérience change les gens, c'est-à-dire les transformations sensorielles, émotionnelles, physiques et narratives qui modifient, même un peu, la façon dont les visiteurs voient les choses. Les expositions et les

²⁰ « Les Maisons des Jeunes et de la Culture (MJC) sont des associations d'Education Populaire qui travaillent à l'émancipation individuelle et collective de tous. » <https://mjcidf.org>

spectacles qui osent déranger favorisent des rencontres qui durent, à condition de faire partie d'un ensemble culturel plus vaste et d'être menées avec une créativité simple (Leclerc, 2022). Cette idée renforce l'importance des méthodes qualitatives (entretiens, observations, témoignages) pour juger du rôle social du musée (Leclerc, 2022). En tenant compte de ces idées, comment définir une participation responsable ?

Premièrement, en créant ensemble. Faire participer les communautés et le public dès le début (en définissant les questions, en choisissant les objets, les langues et les styles), pendant (avec des explications ouvertes, des parcours variés, des ateliers, des contributions visibles) et après (avec des commentaires, des améliorations, une diffusion des résultats) permettrait une participation responsable. Cette création commune implique de reconnaître qu'il y a des inégalités (entre ceux qui ont des connaissances spécialisées et ceux qui ont de l'expérience, entre le capital culturel et le capital social) et de mettre en place des mesures pour compenser ces inégalités (Derlon et Jeudy-Ballini, 2015).

Deuxièmement, il s'agit de proposer une médiation adaptée, attentive à la façon dont les gens s'expriment, en laissant de la place au silence, à la musicalité des histoires, à l'effacement des images trop remplies, et en créant des espaces qui protègent les personnes et évitent de les enfermer (Charles, 2000 ; Armengaud, 2000 ; Ciaramelli, 1994).

Troisièmement, en mettant en place une politique d'accessibilité large, pas seulement pour les personnes à mobilité réduite et les langues, mais aussi pour l'accès au numérique, le temps disponible, les coûts financiers, la sécurité émotionnelle (sentiment d'être à sa place). Ici, l'histoire des centres sociaux et des MJC nous rappelle que l'accueil se fait par des gestes simples (accueil, rythme, droit à l'essai), autant que par de grandes déclarations (Eloy, 2016 ; Besse, 2016).

Quatrièmement, en ayant une éthique concernant l'origine des œuvres et les conflits d'interprétation, expliquer comment les œuvres ont été acquises, ouvrir les dossiers (comme au musée du Quai Branly), organiser des débats informés, accepter des histoires différentes et, si nécessaire, rendre les œuvres (Grognet, 2007 ; Moulin et Caillet, 1994).

Cinquièmement, en faisant une évaluation continue, en utilisant à la fois des chiffres (nombre de visiteurs, profils) et des informations qualitatives (parcours, appropriations, émotions, relations), sur le long terme, au plus près de ce que les gens font, avec des critères négociés (Langeard, 2016 ; Leclerc, 2022).

Et enfin, en utilisant la technologie avec modération. En réalité, l'immersion n'est pas le but ultime, mais une chance de vivre la connaissance différemment. Il faut penser à son entretien, à ses problèmes, à ses coûts, et garder le lien avec les objets réels, leur aspect vieilli, leur parfum, leur texture, sans quoi la confiance dans le patrimoine disparaît (Corcy et Demeulenaere-Douyère, 2017).

Un musée participatif et responsable est un lieu d'échange entre différentes personnes qui accueille, enseigne et apprend des autres. Il utilise la médiation comme un pont entre ce qu'on souhaite transmettre et ce qui est transmis, l'appropriation comme un travail de traduction (et non de simple prise de possession), l'émancipation comme une possibilité (et non un ordre), la mémoire comme un accueil (et non un lieu de deuil), l'expérience comme une influence (et non un produit). Cette vision ne rejette pas le marketing ni la gestion, elle les met au service des aspects majeurs : la diversité des opinions, la justice narrative, la préservation des collections et l'attention portée aux publics. Ce musée sait que les collections techniques risquent d'être oubliées si elles ne sont pas reconstruites avec ceux qui les ont utilisées, que les personnes sont mal représentées si on prend l'initiative de parler à leur place, que le plaisir rend responsable si l'on reste conscient de ses limites (Corcy et Demeulenaere-Douyère, 2017 ; Olcese, 2022).

Ainsi, on voit à quel point la participation fait appel à l'héritage citoyen (éducation pour tous), aux actions du gouvernement (rendre accessible/démocratie), à l'importance symbolique (marché/institution), à la morale (respect/oubli), à la mémoire (musée/ville), aux connaissances locales (projets pour le territoire), jusqu'à la manière dont les outils sont conçus (immersion/retenue). Loin de faire l'unanimité, elle ouvre un espace de discussions intéressantes. Si l'on voulait un critère principal, on choisirait celui-ci : un musée est juste pour la société quand il permet à chacun de s'exprimer sans que son avis soit détourné, quand il explique clairement ses propres choix, quand il partage le pouvoir d'interpréter et accepte les désaccords qu'il provoque. C'est seulement ainsi que l'expérience enrichissante peut entraîner des changements durables, pas tellement changer le monde, mais plutôt changer notre façon de nous comporter (Leclerc, 2022).

Pour aller plus loin dans cette réflexion de justice, nous allons nous intéresser aux inégalités existentielles dans les musées. L'objectif est de comprendre les enjeux qui se jouent en termes d'équité.

4.2. Musées, pouvoir, publics et inégalités culturelles

Voir le musée immersif comme un type de cérémonie (expérience collective, ritualisée, symbolique) moderne met en lumière les deux aspects de cette organisation. Dans un premier temps, un lieu où l'on partage des expériences et, en même temps, un outil qui montre un pouvoir symbolique. Par « cérémonie », on ne parle pas d'une action officielle avec des règles strictes, mais plutôt d'une manière d'organiser des gestes, des objets, des chemins et des histoires qui créent un sentiment de reconnaissance, d'appartenance et de niveaux d'importance. Dans un second temps, les éléments (technologies immersives) renforcent les dynamiques collectives et orientent les émotions et l'attention. Dans ce contexte, la médiation ne sert pas seulement à transmettre des informations, mais c'est une forme de maîtrise des émotions qui, en contrôlant ce que l'on perçoit, ce que l'on ressent et ce que l'on comprend, crée les conditions pour permettre ou empêcher l'accès à la culture officielle. De ce point de vue, la question des musées, du public et des inégalités ne concerne pas seulement le nombre de visiteurs, mais elle touche à la responsabilité des musées dont la capacité à voir et à comprendre est répartie dans la société.

Cette perspective à travers les cérémonies permet de relier trois aspects : (1) le modèle d'organisation de l'expérience dans la société, (2) le fonctionnement interne des musées (programmes, décors, marketing, règles du gouvernement), (3) les outils de médiation (y compris l'immersion) qui influencent la rencontre du public avec les œuvres et les connaissances. L'idée principale ici est double : (i) les outils d'immersion peuvent rendre plus facile l'accès à certains éléments (plaisir, émotion, manipulation, histoire personnelle) sans pour autant supprimer les différences de compétences et de connaissances culturelles, et (ii) parce qu'ils fonctionnent comme des cérémonies puissantes, ils obligent les musées à être très attentifs à la manière dont ils sont conçus, en faisant de l'inclusion et de l'attention aux autres des principes fondamentaux plutôt que de simples ajouts.

L'on ne peut comprendre la situation actuelle sans revenir à la remise en question critique de l'idée du musée comme lieu de distinction. Loin d'être un endroit neutre, le musée montre ce que certaines personnes connaissent déjà : il récompense ceux qui maîtrisent les codes, punit ceux qui ne comprennent pas les règles de l'observation, approuve la culture dite cultivée et fait passer pour naturelles des différences qui sont en réalité créées par la société. De ce fait, le nombre de visiteurs n'indique pas un intérêt naturel, mais plutôt le résultat d'une éducation (à l'école, en famille) qui apprend aux gens à « voir », à comprendre, à classer et à nommer ce qui

est présenté comme important à observer. Les premiers rapports ont immédiatement souligné la conséquence politique : la gratuité ne signifie pas un accès réel, car sans les compétences nécessaires, beaucoup de personnes n'entrent pas ou se sentent comme des étrangers, l'exclusion se dissimulant derrière une façade d'ouverture (Bourdieu, 1972 ; Rodriguez, 1967 ; Schulmann, s.d.).

La particularité des études suivantes sur la façon dont on reçoit les contenus culturels tient à l'étude précise des comportements. En mesurant le temps avec précision, Passeron et Pedler (2019) montrent que le temps passé devant l'œuvre n'est pas juste un signe d'intérêt : chez ceux qui possèdent le plus de diplômes, il peut diminuer car le regard sélectionne davantage, connaissant déjà les points de repère qui comptent et la vitesse adaptée à un parcours efficace. L'attention n'est pas une ressource égale pour tous, c'est une compétence sociale qui se voit dans les déplacements, les temps d'arrêts, les commentaires, et qui varie selon le sexe, l'âge, le diplôme ou le milieu social (Coavoux et al., s.d.). En d'autres termes, la visite au musée est façonnée par la société, on s'y conduit comme cela nous a été appris à le faire, et l'endroit ainsi que son organisation renforcent cela.

Les musées scientifiques ne sont pas différents, même s'ils se veulent plus ouverts. À Paris, l'augmentation du nombre de visiteurs n'a pas vraiment rendu le public plus diversifié de façon durable, les personnes de catégories sociales élevées sont les plus nombreuses, tandis que les étudiants ou les personnes issues de milieux populaires viennent de temps en temps, selon les endroits et les moments. Les expositions importantes attirent surtout les habitués, la division du public reste la même. En résumé, la promesse d'ouverture à tous se heurte aux habitudes de la société et aux difficultés que les dispositifs imposent, même discrètement (Eidelman, 1992). Plus tard, l'analyse du problème de l'ouverture à tous (plus de visiteurs, mais pas forcément plus d'appropriation) montre trois éléments qui peuvent aider, mais aussi poser problème : (1) la gratuité (utile pour certains jeunes), (2) la visite en famille (première étape symbolique), (3) le tourisme populaire (un public qui vient de temps en temps et ne se considère pas comme un public de musée) ; autant de façons d'apprendre les codes sociaux qui créent des identités de visiteurs qui ne sont pas fixes, qui dépendent du contexte et qui évoluent (Jonchery, s.d.).

Pour Coavoux, il est essentiel de faire la différence entre l'envie (le désir, le goût pour l'art) et la compétence artistique (la capacité à comprendre et à interpréter l'art de manière appropriée). La visite en famille peut donner l'envie, mais pas forcément la compétence, d'où l'impression de ne pas tout comprendre. Pour que la transmission réussisse, il faut quelqu'un qui connaisse bien le sujet (un parent, un guide, un enfant qui en sait plus), sinon l'appropriation reste fragile

(Coavoux et al., s.d.). À l'autre bout du spectre, l'école et la lecture montrent aussi ces différences. Les collégiens venant de milieux populaires préfèrent les objets faciles à comprendre, visuels et proches de leur monde, les milieux favorisés sont plus ouverts à différents styles. La même offre n'a pas les mêmes conséquences, l'égalité d'accès annoncée se heurte à des habitudes déjà différentes (Étienne, 2016). D'où l'importance de méthodes capables de comprendre ces pratiques en situation (observer les rituels discrets comme le silence, les postures), de croiser les informations venant d'entretiens, de questionnaires et d'outils technologiques (suivi du regard, analyse du parcours) et de savoir écouter les publics en ligne, où la réputation en ligne et les échanges sur les réseaux sociaux deviennent des lieux de réception et de contre-discours (Petr, 2014).

Cette analyse montre que les différences entre les cultures sont complexes. Elles touchent au pécuniaire, à la pensée et aux symboles. Les moyens de communication peuvent aider à se rencontrer, mais sans supprimer ces différences. C'est justement là que les musées ont un rôle à jouer. Ils doivent expliquer clairement ce qui est souvent sous-entendu dans la façon de regarder l'art.

En comparant les visites en groupe (avec des proches) et les visites seules, Debenedetti montre que l'accompagnement change notre perception, nos émotions et nos sentiments face aux œuvres. Il y a des échanges de paroles et de gestes, un soutien moral et des histoires racontées ensemble sur place. Au contraire, la personne seule préfère réfléchir par elle-même et analyser les choses en profondeur. L'auteur propose une explication en deux étapes : (1) les raisons et les contraintes (âge, sexe, niveau d'éducation, type de lieu, disponibilité des amis, besoin de parler aux autres ou d'être indépendant) influencent la formation des groupes ; (2) ces groupes qui visitent ensemble modifient la façon dont on reçoit les œuvres (temps passé devant, choix de ce qu'on regarde, émotions ressenties, types de commentaires). Enfin, il suggère d'étudier les relations au niveau micro (à l'intérieur des groupes) (rôles, importances, personnes qui s'y connaissent) et l'effet des outils numériques (objets partagés, informations en ligne) sur les visites à plusieurs. Cette idée montre comment les relations sociales influencent la manière dont on comprend les œuvres et peuvent réduire ou augmenter les différences culturelles selon les connaissances du groupe (Debenedetti, 2009).

Depuis les années 1960, les chiffres sur les visiteurs (types, raisons, nombre de visites) ont servi à orienter les décisions politiques concernant la culture. Mais l'importance donnée aux chiffres a parfois mis l'accent sur des objectifs de gestion (nombre de personnes, cibles, satisfaction), en oubliant les aspects émotionnels, politiques et personnels de la visite. Il est donc nécessaire

de mixer les méthodes, de replacer les chiffres dans le contexte au cœur du quotidien de chacun, de tenir compte du fait que chacun a sa propre identité et du rôle du numérique, qui change notre rapport à ce qui est proposé. De même, l'étude des loisirs nous rappelle que le temps libre n'est pas forcément du temps consacré à la culture. D'ailleurs, la lecture est moins pratiquée, la télévision reste populaire, le sport ne change pas beaucoup, et la façon dont le temps libre est réparti est différente selon les personnes (sexe, éducation). Cette situation générale limite ce que l'on peut attendre des musées. Ils ont un pouvoir, mais il est limité par le temps dont disposent les gens et par leurs priorités (Pronovost, 2014).

Sous une forte pression financière et de concurrence, les musées évoluent vers des méthodes d'entreprise : image de marque, bâtiments remarquables, alliances avec des entreprises privées, expositions transformées en événements, mesures des résultats. La mise en scène devient plus intense, l'envie d'impressionner est visible, et la boutique prolonge la visite en dehors des salles. Cette transformation basée sur le marché soulève des critiques sur la perte d'objectif et une influence plus grande des riches sur les programmes, tout en montrant une difficulté : s'adapter aux règles des villes et du tourisme qui donnent au musée un rôle d'acteur économique (Vivant, 2008). Dans ce contexte, le marketing culturel n'est pas juste une ruse du marché : il peut aider à expliquer, à bien choisir son public, à communiquer avec différents groupes, à condition de rester fidèle au but artistique et à l'importance de l'accès pour tous. Ce travail de médiation a toutefois ses artisans : ces passeurs de savoir, pourtant hautement qualifiés, qui naviguent dans la précarité tout en aspirant à une juste reconnaissance de leur mission éducative et relationnelle (Peyrin, 2012). De manière plus générale, il faut arrêter de refuser le marketing dans le monde de la culture, car cela vient d'une image de l'artiste et de l'idée que le domaine doit être indépendant. Il faut plutôt voir le public comme participant à la création de valeur et de sens, sans transformer l'expérience en marchandise ni oublier la mission. On rejoint l'idée que les « *mondes de l'art* » (groupes de personnes) créent ensemble la valeur symbolique, et que les institutions doivent trouver un équilibre entre stabilité et flexibilité, art et industrie, culture et économie (Bourgeon-Renault et Gombault, 2014).

Au niveau du public, la fréquentation dépend de plusieurs raisons : apprendre, plaisir, se distinguer, être ensemble, mais aussi de blocages symboliques et financiers (éloignement de la culture, peur de ne pas comprendre). D'où la nécessité d'un marketing qui parle de plaisir, de beauté, de partage, de groupes qui se retrouvent pour des événements, tout en rendant les choses

plus faciles. Quant aux attentes des gens, elles sont partagées. D'une part, ceux qui ne viennent pas veulent une culture plus facile d'accès, et d'autre part, ceux qui viennent régulièrement ont peur que la qualité baisse. C'est un problème classique que l'explication peut transformer en différentes possibilités sans changer le contenu (Luckerhoff, 2007).

Parler d'inégalités demande de ne pas faire des erreurs. En effet, penser que les publics sont tous pareils ou juger les différences porte tout de suite préjudice. L'idée de précarité montre que les difficultés de la vie (emploi, santé, logement) ne peuvent pas se résumer à une simple étiquette, il faut tenir compte de l'intégration, de la domination, de la compétition, des conflits, ainsi que des situations des pays et des parcours de vie actuels (Franssen, 2011). Pour le chercheur, travailler avec des personnes qui protestent ou qui sont en difficulté demande de se remettre en question, séparer les faits des opinions, reconnaître ses propres idées, ne pas utiliser les mêmes catégories que les personnes concernées, tout en gardant un esprit critique (Mathieu, 2015). Pour les musées, cette remise en question est possible, elle demande une réflexion éthique de la création, de l'explication et de l'évaluation.

Le concept de « *soin* » change la mission sociale du musée. A cet égard, prendre soin des gens, des groupes et des histoires, surtout celles oubliées est une mission qui devient principale. L'idée de prendre soin, un travail lié aux relations, aux sentiments, et à l'éthique, transforme le lieu en un endroit pour créer du sens ensemble, où les objets montrent la mémoire, le bien-être et le lien social. En regardant des études faites en Angleterre, on voit que ces projets renforcent le sentiment d'être ensemble, donnent la parole à des personnes qu'on n'attend pas et changent le rôle du lieu, qui passe de la simple participation à un engagement fort (Morse, 2021). Ce changement ne supprime pas les problèmes (argent, pouvoirs, résistances internes) mais ouvre une voie de responsabilité qui relie justice sociale et devoir de protéger le patrimoine.

Dans d'autres situations, les musées sont aussi des outils de l'État et des lieux pour montrer son identité, ils présentent, choisissent, modifient le patrimoine selon des jeux de pouvoir et des idées nationales. L'étude des cultures aide à comprendre ces significations sociales, la sociologie, à voir les rapports de force derrière la mise en valeur des objets. Les exemples du monde arabe montrent que le musée peut changer politiquement : lieu de mémoire, de résistance ou de changement d'identité, selon les situations et les participations des communautés (El-Said et Aziz, 2022).

L'immersion rend plus fortes toutes les choses dont on a parlé. En tant qu'habitude moderne, elle guide le corps (positions, mouvements), remplit les sens (son, lumière, image), en créant une histoire qui prend le contrôle des visiteurs. Ce pouvoir de captiver a un avantage, il rend l'accès plus facile par la sensation, le sentiment, l'histoire vécue, autant de moyens utiles pour des personnes qui ne savent pas lire des objets de manière savante. Mais il y a trois grands dangers :

- **Effet spectacle** : l'émotion se sépare de la connaissance. On « vit » l'exposition sans apprendre quelque chose qu'on peut utiliser ailleurs. L'impression de savoir remplace l'apprentissage des codes pour comprendre.
- **Nouvelles difficultés** : problème avec le numérique, les sens (fatigue, inconfort, différences neurologiques), la pensée (lecture numérique et d'histoires) ; le système demande des connaissances cachées.
- **Plus de pouvoir pour l'histoire** : parce que l'immersion semble naturelle (on « y est »), elle rend normales les sélections et cache la façon dont elle est faite. Il faut donc que l'explication montre comment l'histoire est fabriquée.

Il faut donc absolument réduire l'influence de l'habitude par des moyens d'accès (explications avant, niveaux de compréhension, choix pour les sens, parcours différents), des moments pour en reparler (réflexions, autres points de vue), des espaces pour discuter (mettre en débat les choix du système), et des créations participatives (créer ensemble avec les personnes concernées). Comme le disent les idées sur les relations et les expériences du marketing culturel, l'immersion ne doit pas être un produit à acheter, mais un endroit où se créent compétence et sentiment d'appartenance (Debenedetti et Gombault, 2014).

Pour que l'immersion ne crée pas de nouvelles formes de séparation, il est nécessaire de mettre en place une médiation adaptée, inspirée des méthodes qui ont déjà montré leur efficacité. Cela suppose d'analyser les usages en contexte immersif, par exemple en mesurant les temps d'arrêt, la durée de visite et les échanges, comme le proposent Passeron et Pedler (2019). Ces données

doivent ensuite être reliées aux caractéristiques sociales des visiteurs et aux dispositifs concrets qui structurent l'expérience (Coavoux et al., s.d.).

Pour enrichir cette médiation, il est utile de mixer différents types de retours : des discussions avant et après la visite, des séries de questions, des schémas de cheminement, des notes de visite, et, lorsque cela est éthiquement acceptable, l'étude des interactions à distance (Petr, 2014). Cette approche doit également intégrer dès le départ des publics moins souvent représentés, tels que les jeunes issus de milieux modestes, les personnes en situation de handicap ou les locuteurs d'autres langues. La co-création ne doit pas se limiter à des consultations formelles, mais devenir un véritable principe d'action (Morse, 2021 ; El-Said et Aziz, 2022).

Rendre les dispositifs accessibles implique d'agir à plusieurs niveaux. Sur le plan du langage, il s'agit d'utiliser des mots simples et des traductions. Sur le plan de la compréhension, cela passe par des explications à plusieurs niveaux et des guides d'utilisation clairs. Le sens peut être renforcé par des modes discrets, des options de description audio ou des dispositifs adaptés à différents profils de visiteurs. Enfin, l'accessibilité économique et temporelle suppose des tarifs modulés, des horaires élargis et des partenariats avec les transports (Jonchery, s.d.).

Plutôt que de se contenter de compter les visiteurs, il est essentiel de mesurer les compétences acquises : évaluer si les personnes s'approprient les contenus, peuvent les reformuler ou les transmettre, les relier à d'autres connaissances, mais aussi si elles se sentent reconnues, écoutées, et si les choix de présentation sont perçus comme clairs et légitimes.

Une démarche honnête passe par une réflexion critique sur la construction du discours muséal. Il faut documenter les décisions importantes prises dans la scénarisation, rendre visibles les tensions (valeurs, contraintes financières, alliances institutionnelles), instaurer des règles éthiques claires concernant les données personnelles, et former les équipes à cette réflexion

Dans cette perspective, l'immersion sensorielle ne consiste pas simplement à multiplier les stimuli, mais à redonner un pouvoir d'action au visiteur. Cela suppose des explications transparentes sur la production du dispositif : qui parle, à partir de quels documents, ce qui a été sélectionné ou écarté. Il faut aussi proposer des choix narratifs alternatifs, permettant de

contester, de réinterpréter ou d'ajouter d'autres points de vue, qu'ils viennent d'experts ou de visiteurs.

L'accompagnement humain est également primordial. Les personnes en charge de l'accueil et de la médiation doivent être valorisées, formées, et disposer du temps nécessaire pour adapter l'expérience, transmettre des connaissances et accueillir les désaccords (Peyrin, 2012). Enfin, la direction des institutions doit être consciente des inégalités et s'engager dans de réels partenariats avec les communautés concernées, notamment à travers des groupes de discussion ouverts et inclusifs (Morse, 2021 ; El-Said et Aziz, 2022).

Ce que l'immersion permet, c'est de renforcer le lien entre perception et compréhension, en ouvrant des portes à des personnes qui ne sont pas familières avec les présentations muséales classiques. Elle modifie le rythme de la visite et peut ainsi réduire certaines inégalités d'accès culturel. Cependant, l'immersion ne peut, à elle seule, corriger les écarts de compétences, ni les inégalités sociales liées à la maîtrise des codes culturels, au temps disponible ou aux ressources économiques (Pronovost, 2014 ; Bourdieu, 1972). Mal conçue, elle peut même renforcer ces inégalités : en empêchant la réflexion critique, en masquant les choix de présentation, ou en mettant l'accent sur la technologie plutôt que sur le contenu, ce qui risque de creuser davantage les écarts (Vivant, 2008).

Donc, les musées ne doivent pas juste ajouter de l'immersion, mais concevoir leur façon d'aider les gens, en se basant sur des objectifs (donner du pouvoir) et des méthodes (qui incluent tout le monde). Dans un monde où les gens veulent de plus en plus vivre des expériences, cette remise à plat est nécessaire pour que la publicité aide le projet, et non l'inverse.

Penser au musée immersif comme un rituel partagé aide à comprendre comment le pouvoir, le public et les différences sont liés. Les analyses habituelles ont montré que rendre la culture accessible à tous n'est pas simple ; permettre l'accès ne signifie pas que les gens se l'approprient réellement (Bourdieu, 1972 ; Rodriguez, 1967 ; Schulmann, s.d.). Les études des pratiques de visites montrent qu'elles sont propres à chacun selon les groupes sociaux (Coavoux et al., s.d.), et les études sur le public des sciences et les entrées gratuites démontrent que l'ouverture est complexe (Jonchery, s.d.). Les travaux sur la transmission (intérêt/savoir-faire), la lecture chez les jeunes, la sociologie des loisirs et les statistiques donnent une idée réaliste de ce dont les institutions sont responsables (Coavoux et al., s.d. ; Étienne, 2016 ; Pronovost, 2014 ; Thévenin, 2023). L'évolution vers l'entrepreneuriat et la professionnalisation de la médiation demandent

de renforcer l'éthique, de valoriser les métiers et d'accepter la difficulté d'être à la fois indépendant et viable (Vivant, 2008 ; Peyrin, 2012. Enfin, les idées de soin et d'identités spécifiques redonnent une dimension politique au musée (Morse, 2021 ; El-Said et Aziz, 2022), et la capacité à réfléchir aide à garder un esprit critique (Mathieu, 2015 ; Franssen, 2011).

Pour que l'immersion donne aux gens les moyens d'agir, il faut viser trois objectifs. D'abord, expliquer comment les histoires sont créées (méta-médiation, clarté, plusieurs façons d'interpréter). Ensuite, donner plus de pouvoir aux gens (création en commun, valorisation des médiateurs humains, diversité des parcours, organisation de débats). Enfin, évaluer différemment (mesurer l'appropriation, assurer une justice dans les procédures, suivre les effets à long terme sur l'intérêt et les compétences). Ainsi, l'immersion n'est plus seulement un spectacle, mais devient un eldorado d'apprentissage par les sens. Le rituel ne met plus en avant un petit groupe de connaisseurs, mais initie différents publics à une façon démocratique de regarder, où la qualité de l'expérience va de pair avec l'équité culturelle (Bourdieu, 1972 ; Jonchery, s.d. ; Morse, 2021).

Cette évolution vers une immersion plus inclusive et participative invite à repenser en profondeur les dispositifs culturels contemporains. À cet égard, le développement du numérique dans les musées constitue un terrain d'observation privilégié, il transforme les formes de médiation, ouvre de nouvelles possibilités d'interaction, mais révèle également des tensions sociales persistantes. C'est ce que met en lumière la réflexion suivante sur les relations entre musées et numérique, entre innovations technologiques, médiations culturelles et enjeux d'égalité.

4.3. Musées et numérique : innovations, médiations et tensions sociales

L'un des aspects importants du passage au numérique est l'essor des outils immersifs, comme la réalité virtuelle, la réalité augmentée, la modélisation en 3D et les serious game, qui permettent de créer des expériences enrichies, sensorielles et interactives. La modélisation en 3D et la réalité virtuelle sont utilisées dans les musées pour créer une expérience qui allie information, divertissement et participation, et non pas seulement une exposition d'objets (Dragicevic et Bagarić, 2019). D'autres étudient également l'utilisation de serious games autour

de l'ancienne Agora d'Athènes, où la navigation virtuelle et les interactions en 3D font partie de l'expérience historique et archéologique (Georgopoulos et al., 2017).

Il faut aussi mentionner l'utilisation de la réalité augmentée et de la réalité virtuelle dans l'interprétation des espaces urbains, en soulignant les avantages possibles (accessibilité, apprentissage, enrichissement) mais aussi les risques de simplification ou de perte de la complexité spatiale et historique (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019). Des exemples d'outils immersifs, ludiques, tactiles et interactifs montrent que le numérique devient un outil de médiation complet (Chevry Pébayle, 2019).

Le numérique ne se contente pas d'ajouter des éléments techniques, il change la nature même du musée. Le musée devient un outil indépendant de médiation, de transmission et de création de connaissances, et pas seulement une version virtuelle d'expositions physiques (De Bideran, 2017). La pandémie a poussé les musées à recourir à des plateformes collaboratives où les visiteurs, les usagers et les médiateurs créent ensemble du contenu et participent activement.

Les musées, par le biais des outils interactifs et des objets numériques, oscillent entre un lieu physique et un monde virtuel, ce qui change les relations entre les œuvres, le public et les institutions (Baujard, 2019). L'informatisation des collections, la personnalisation des galeries et les outils mobiles, entre autres, sont des signes que le musée est désormais un espace plus grand et hybride (Andreacola, 2014).

La question de la connaissance est essentielle. Il ne s'agit pas seulement de ce qui est transmis, mais aussi de qui le crée, comment et avec quelle légitimité. On distingue les connaissances institutionnelles (du musée), les connaissances des médiateurs (pédagogiques et techniques) et les connaissances du public (empiriques et liées à l'expérience) (Frayssé, 2015). Le numérique permet potentiellement un renversement ou au moins une diversification, avec des exemples de création de contenu en collaboration, de participation du public et d'appropriation (Chevry Pébayle, 2019 ; Badulescu et de Bideran, 2023).

L'idée d'« *informosome* » désigne le flux d'informations propre à chaque visiteur, en fonction de ses valeurs sociales, de son imagination et de ses préférences (Uzunova, 2001). Cela montre que la réception des connaissances ne peut plus être considérée comme un modèle à sens unique, mais comme une interaction, une subjectivité et une créativité.

Les nouveautés liées au numérique sont souvent vues comme des signes de progrès. L'ajout de réalité virtuelle et de modélisations 3D à Dubrovnik répond aux attentes actuelles des visiteurs, ils veulent voir des choses, mais aussi être plongés dedans, participer et échanger. Cette envie est liée à l'idée de valeur culturelle, un musée moderne doit être numérique, immersif et facile d'accès (Dragicevic et Bagarić, 2019). Cependant, cette idée de modernité peut devenir une mode, où l'innovation est appréciée pour elle-même, ce qui risque de cacher les vrais enjeux du patrimoine, comme son histoire profonde, ses récits complexes et son importance sociale (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019). Le développement numérique crée aussi des tensions sur la valeur des connaissances : entre le savoir officiel des experts et les savoirs plus populaires ou liés à l'expérience des gens.

Avant, le musée était un lieu pour transmettre des connaissances puisque l'établissement possède le savoir et le partage avec le public. Le numérique change beaucoup cette idée. Il faut insister sur la différence entre diffuser un savoir figé et permettre aux gens de construire activement leurs propres connaissances (Frayse, 2015). Les serious games, la création à plusieurs et les outils numériques qui permettent de co-crée, sont autant de moyens de faire participer activement les visiteurs (Georgopoulos et al., 2017 ; Badulescu et de Bideran, 2023 ; Baujard, 2019).

L'idée d'« *informosome* » montre que chaque visiteur vit sa propre expérience du musée en fonction de ses idées, de ses émotions et de son milieu social. Cela veut dire que toute explication doit tenir compte de ce point de vue personnel, et donc des différentes réceptions et constructions de ses connaissances (Uzunova, 2001). Ainsi, l'accès est un point essentiel. Pendant la crise du COVID-19, les musées britanniques ont touché plus de monde en ligne, en atteignant des personnes éloignées ou défavorisées. Mais l'expérience numérique ne remplace pas forcément le fait d'être présent physiquement et laisse de côté ceux qui n'ont pas les moyens d'utiliser les technologies (King et al., 2021). Il y a un risque que le passage au virtuel n'aggrave les inégalités numériques et culturelles. En effet, certains pourraient être exclus par manque de compétences, de connexion ou de connaissance des codes visuels et technologiques (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019).

Dans les musées d'ethnographie, les médiateurs sont parfois partagés entre, d'une part, les demandes liées au numérique souvent formulées par les responsables sans véritable

concertation, et, d'autre part, leur volonté de favoriser une relation plus directe et inclusive avec les publics. Cette tension peut renforcer la domination de l'institution plutôt que d'encourager une participation réelle (Sandri, 2016). Aussi, d'autres musées cherchent à inclure tout le monde, d'autres se contentent de suivre le mouvement petit à petit. La co-crédation est possible, mais elle d'pend souvent des moyens disponibles, de la formation et du budget de l'tablissement (Chevry P'ebayle, 2019).

L'une des premi'eres grandes diff'rences concerne ce qui est vrai et ce qui est physique. Lorsqu'on utilise le num'rique ou le virtuel, on change l'objet et son usage principal. La diff'rence entre l'original et la copie est importante pour beaucoup de visiteurs, notamment pour le respect de l'œuvre, son importance et ce qu'elle nous fait ressentir (histoire, sensations) (Chevry P'ebayle, 2019). Le virtuel peut couper l'utilisateur du lieu r'el, de l'endroit, du toucher (quand c'est possible) et de l'ambiance, qui ne sont pas enti'rement transmis (Barrado-Tim'ón et Hidalgo-Giralt, 2019).

D'un autre c'ot' , certaines façons de faire vivre une exp'rience peuvent redonner une id'ee de l'espace et de la profondeur, ou permettre de voir ce qui n'existe plus (reconstitutions virtuelles, ruines, etc.) (Dragicevic et Bagarić, 2019 ; Georgopoulos et al., 2017). Mais, m'eme parmi eux, on sait qu'il y a des limites. Le virtuel ne reproduit pas tous les sens, et l'exp'rience doit 'tre vue comme un plus, pas comme un remplacement.

Un autre probl'eme est le choix entre la culture, le commerce et le spectacle. Les outils qui permettent de s'immerger ou de s'amuser attirent les visiteurs, rendent le tourisme plus int'essant, ce qui est bien pour la diffusion et le nombre de visiteurs. C'est un atout pour le tourisme à Dubrovnik (Dragicevic et Bagarić, 2019). Cependant, mettre trop en avant le visuel risque de r'eduire le patrimoine à un spectacle, en oubliant d'autres aspects (histoire, soci'et' , conflits) (Barrado-Tim'ón et Hidalgo-Giralt, 2019). Les demandes d'utilisation du num'rique sont souvent li'ees à la communication et au marketing. On met en avant l'innovation technologique, on parle de participation, mais parfois cela n'a plus de sens politique ou critique. On risque d'utiliser le num'rique comme un signe de modernit' plutôt que comme un moyen de transformer r'ellement la soci'et' (Appiotti et Sandri, 2020).

L'accès au matériel (technologie, connexion) et à la culture (compétences numériques, connaissances, culture générale) constitue une source d'inégalités. Malgré les efforts pour passer au numérique, certains publics demeurent exclus (King et al., 2021). Les personnes éloignées physiquement ou socialement peuvent ne pas profiter pleinement de la réalité augmentée ou virtuelle, soit parce qu'elles n'ont pas le matériel nécessaire, soit parce que les interfaces ne sont pas adaptées (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019). Les médiateurs s'adaptent de différentes manières, parfois avec des résistances internes. On peut imposer la technologie sans formation, sans ressources, sans penser à l'accès ou à la diversité des publics (Sandri, 2016). Pour hybrider les contenus ou faire participer les publics, il faut une infrastructure presque invisible (réseaux, plateformes, compétences), qui n'est pas toujours présente.

Utiliser le numérique, augmenter, virtualiser, tout cela change le moment où l'on vit l'expérience de la visite. La visite ne commence plus lorsqu'on arrive au musée, mais avant (navigation en ligne, consultation de bases de données), et se prolonge après, ce qui change le déroulement du temps (Andreacola, 2014). La simplification de certains outils (serious games, réalité augmentée, réalité virtuelle) peut rendre l'histoire plus simple, enlever les ruptures, les conflits ou les zones d'ombre historiques (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019). Il y a donc un désaccord entre vouloir que les choses soient simples, faciles et vite comprises par tous, et respecter le fait que le patrimoine et l'histoire sont en réalité compliqués, irréguliers, conflictuels et parfois flous.

L'idée d'inclure le numérique dans la médiation n'est pas neutre et implique des responsabilités pour les institutions, sur le plan moral et culturel. La médiation numérique ne doit pas se limiter à l'information ou à la communication, mais aider les gens à construire activement leurs connaissances. Les musées doivent s'assurer que les connaissances qu'ils présentent sont fiables, mais aussi qu'il existe plusieurs versions.

Le musée numérique, en tant qu'outil indépendant, crée également de nouvelles responsabilités : gérer les données, conserver la mémoire numérique, choisir ce qui est publié, protéger les supports, respecter les droits d'auteur et la propriété intellectuelle, etc. (Baujard, 2019). Il faut considérer le musée comme un média, ce qui implique de préciser clairement ses responsabilités en matière de publication, de politique et d'éthique. Qui décide de ce qui est montré, des

histoires racontées et des images utilisées ? Dans quel but ? (De Bideran, 2017). L'inclusion ne consiste pas seulement à rendre l'accès possible physiquement ou techniquement, mais aussi à permettre différentes façons d'utiliser la culture, de se l'approprier et de raconter des histoires variées. Certains lieux en France adoptent une approche plus ouverte et participative (La Monnaie de Paris, Museum de Toulouse), tandis que d'autres avancent moins vite (Chevry Pébayle, 2019).

Ainsi, il faut mettre en place des projets de recherche pour comprendre comment les différents publics vivent la culture, en tenant compte de ce qu'ils utilisent, mais aussi de ce qu'ils attendent, de ce qu'ils imaginent, et des obstacles culturels et sociaux. Il faut aller au-delà de la simple gestion des données pour prendre en compte les aspects sensibles, politiques et émotionnels (Badulescu et de Bideran, 2023).

Lors de la création du musée virtuel, on constate que l'imagination, les sentiments personnels et la position sociale, influencent la manière dont les gens perçoivent le musée. Il est donc essentiel que les concepteurs considèrent les publics comme divers, changeants et aux positions sociales différentes, et non comme un groupe uniforme (Uzunova, 2001).

Pour répondre aux défis identifiés, les études sociologiques ou ethnologiques utilisent différentes méthodes : études de terrain, entretiens, observations directes, comparaisons de différents cas, analyses de ce que disent les institutions et les politiques publiques. Ces méthodes permettent de confronter ce qui est dit officiellement, ce que les institutions demandent, et ce qui se passe réellement en termes d'utilisation, de résistance et d'adaptation. Par exemple, les médiateurs inventent leur propre façon de travailler, parfois en dehors des règles ou en les modifiant (Sandri, 2016).

Il est nécessaire d'avoir une approche critique et réfléchie afin de ne pas accepter les idées de modernité ou de progrès technologique sans se demander quels sont leurs objectifs, leurs coûts et leurs conséquences inégalitaires. Il faut utiliser des méthodes pour comprendre comment les gens perçoivent les choses, observer leur participation et analyser les effets symboliques, les discours publics et les critiques des institutions, car ce sont ces aspects qui révèlent les tensions sociales cachées.

4.4. CONCLUSION DE LA SECTION

Les dispositifs immersifs ne sont plus juste des options à part, ils forment maintenant une partie importante de la façon dont la culture est présentée aujourd'hui. Les études sur lesquelles nous avons pris appui s'accordent sur le fait que le numérique promet beaucoup : immersion, intégration, création collective, élargissement des connaissances. Mais elles insistent aussi, parfois encore plus, sur les problèmes, les oppositions, les dangers et les défis à relever.

Le défi pour les musées d'aujourd'hui est de trouver un juste milieu : profiter du numérique sans perdre de vue l'importance des objets, l'histoire profonde, l'égalité, tout en étant conscient des différences de pouvoir et des aspects politiques et symboliques de toute présentation. C'est une responsabilité envers la société : valider non seulement ce qui est numérique, mais comment c'est numérique, pour qui, pourquoi, et selon quelles règles de justice culturelle.

En adoptant une approche sociologique approfondie, le musée n'est plus considéré comme un simple lieu de conservation ou de transmission de connaissances, mais comme une organisation sociale complexe, traversée par des questions de pouvoir, de participation, de présentation et d'inégalités culturelles. L'arrivée des outils immersifs, qui permettent de participer, n'est pas simplement un changement technologique ou esthétique ; elle met en lumière et accentue les tensions sociales, politiques et symboliques liées au rôle du musée. L'analyse montre que les musées doivent changer de rôle, non seulement pour accueillir davantage de points de vue, mais aussi pour transformer la manière dont les connaissances sont accessibles, reçues et interprétées. La participation devient alors un acte moral, un engagement à partager le pouvoir et à reconnaître les expériences personnelles et collectives. Cependant, ce changement n'est pas sans poser de problèmes ni entraîner de risques : commercialisation, utilisation du patrimoine à des fins personnelles, exclusion symbolique qui continue... Autant de défis que les musées doivent relever en créant des façons de présenter les choses qui soient exigeantes, inclusives et réfléchies, et qui tiennent compte de la diversité des publics, des cultures et des parcours de vie.

L'étude sociologique des musées nous invite à repenser profondément le musée comme un lieu de rencontres multiples, un espace de discussion sociale et culturelle, où l'expérience du musée peut aider à transformer les personnes et la société, à condition d'accepter les conflits, les héritages et les responsabilités qui vont avec.

Ainsi, dans cette perspective sociologique, il est nécessaire de passer de l'analyse théorique à une observation plus concrète des pratiques. Afin de bien saisir l'impact des musées immersifs, il faut comprendre les objectifs de leur création et la manière dont ils sont perçus par le public. Notre méthodologie de recherche vise donc à confronter ces deux dimensions : d'une part, une analyse qualitative qui permettra d'explorer les logiques de conception, les objectifs sociaux et les choix éthiques des dispositifs immersifs et d'autre part, une analyse quantitative viendra quantifier la portée sociologique de ces dispositifs, notamment sur l'expérience et l'inclusion des visiteurs. Ainsi, on pourra constater si les changements annoncés par ces musées se concrétisent ou si les différences sociales et les habitudes personnelles continuent de se creuser.

PARTIE III - METHODOLOGIE DE RECHERCHE : COLLECTE ET ANALYSE DES DONNEES

SECTION 1 : Introduction à la méthodologie

1.1. Les choix de méthodologie : qualitative et quantitative

Nous allons tout d'abord, recontextualiser notre problématique de recherche, puisque ces méthodologies de recherche visent à répondre de manière factuelle à ce problème posé. Nous avons donc soulevé la problématique suivante dans notre travail de recherche : *Comment les musées immersifs constituent-ils un nouveau paradigme muséal capable de promouvoir une forme de justice sociale par l'accessibilité universelle au savoir et face à l'hétérogénéité croissante des publics ?*

Afin de répondre au mieux à cette interrogation, nous avons mis en place une méthodologie complémentaire alliant approches quantitatives et qualitatives. Ce choix méthodique repose sur l'objectif de collecter un maximum de données de nature différente afin de les croiser. Cela nous permettra une compréhension à la fois globale et fine de notre sujet.

D'une part, la méthode qualitative nous apportera une certaine proximité due aux entretiens semi-directifs, et elle nous permettra également de recueillir des informations plus précises et complètes sur les motivations et objectifs des acteurs principaux de cette recherche : les musées immersifs. Cela nous exposera le point de vue institutionnel.

D'autre part, la méthode quantitative, qui intègre une enquête de terrain, permet de brasser les informations à une échelle plus large. Ce questionnaire été diffusé à un large échantillon, ce qui donne la possibilité d'observer les pratiques sociales, de pouvoir repérer des tendances afin de les corrélérer et de généraliser certains résultats. L'articulation de ces deux approches permet de converger ou non avec la théorie de notre travail. Ainsi, nous pouvons confronter les analyses et les points de vue. Cela nous octroiera une vision de ce que les publics (ou non) pensent réellement des musées immersifs et plus largement des musées.

Et enfin, nous ferons converger l'ensemble de ces informations afin de créer une discussion des résultats entre le point de vue des institutions et le point de vue des visiteurs ; cela permettra de mettre en évidence certaines réalités.

Concernant le déroulement, nous aborderons dans un premier temps, la méthodologie qualitative, et nous collecterons les résultats afin de les interpréter dans un cadre qualitatif. Ensuite, nous poursuivrons avec la méthodologie quantitative, en explicitant les tenants et les aboutissants : justifications des questions, des sections et des méthodes de diffusion du questionnaire. Pour donner suite à cela nous analyserons, à travers une méthode d'analyse de tri à plat et de tri croisé, les résultats, afin de les interpréter au mieux. Enfin, nous croiserons l'ensemble des résultats pour mettre en lumière les points de convergence et les points de rupture qui émergent sous les différents angles complémentaires.

SECTION 2 : Méthode qualitative : Entretiens avec les spécialistes des musées immersifs

2.1. Étude des musées immersifs : approche de cas et présentation des établissements étudiés

Dans le but de comprendre les logiques de conception du dispositif et les objectifs qui en découlent, nous avons pris l'initiative d'appuyer notre recherche sur une approche qualitative composée de deux entretiens semi-structurés. Cette méthode nous permet de saisir les points de vue des institutions en termes de motivations et de contraintes techniques liées à la mise en place de dispositifs dans des contextes muséaux variés. En nous inspirant des aux recommandations de Fontana et Andrea (2002), l'entretien qualitatif vise à aller au-delà d'une collecte de données factuelles. En effet, cela contribue à la compréhension des rationalités qui sous-tendent les choix, que ce soit au niveau de la technologie utilisée ou des narrations.

2.1.1. Une approche par études de cas contrastées

Nous avons fait appel à plusieurs musées et institutions patrimoniales dans le cadre de nos entretiens : Eternelle notre Dame (Paris), La nuit étoilée de Van Gogh (international), Historial virtual reality (Bruges), Louvre Lens (Lens - France), Louvre Paris (Paris – France), Le musée national de l'informatique (Bletchley - Angleterre), le musée du Vodou (Strasbourg – France), l'Historial Jeanne d'Arc (Rouen – France), Le musée Henri Matisse (Cateau-Cambrésis – France), le musée de la Piscine, Toutankhamon immersif (Zurich – Suisse), Horizon Kheops, Harry Potter (international) etc.

Seul deux musées ont répondu favorablement à notre demande :

- ***The National Museum of Computing (TNMOC)***, situé à Bletchley Park au Royaume-Uni, illustre l'intégration de dispositifs immersifs fondés sur l'intelligence artificielle et la médiation numérique avancée ;
- ***Le Château du Vodou***, musée privé à Strasbourg (France), témoigne d'une approche scénographique sensorielle et émotionnelle centrée sur la mise en valeur d'un patrimoine immatériel à forte dimension symbolique ;

Cela fait émerger un premier paradoxe. Selon les éléments théoriques que nous avons mobilisés jusque-là, le dispositif immersif serait mis en place pour donner plus de visibilité au savoir détenu par les institutions patrimoniales afin de les rendre plus accessible et moins élitistes. Or, la plupart de nos demandes sont restées sans réponse et d'autres ont été bloquées face aux professionnels chargés des dispositifs. Cela reflète une contradiction sur l'ouverture à tous, puisque nous avons explicité à ces professionnels, l'envie et les motivations de donner de la visibilité scientifique et académique à ce nouveau dispositif.

Malgré le peu de retours, nous avons tout de même pu échanger avec deux musées qui reflètent une certaine logique de contraste et de complémentarité (Miles et Huberman, 2003). Ils permettent de confronter :

- **un musée scientifique et technologique** à vocation éducative (TNMOC),
- **un musée d'art et d'anthropologie** à dimension émotionnelle et spirituelle (Château du Vodou),

1. Tableau récapitulatif : terrain d'entretien

	Musée et dispositif immersif	Géographie	Professionnel interrogé	Typologie de Musée	Entreprise prestataire	Technologie	Langue	Tarif d'entrée
Musée 1	Musée de l'informatique (The National Museum Of Computing) - TNMOC Mate app	Bletchley, Angleterre	Directeur du laboratoire d'IA de Version 1	Musée public, reconnu au niveau national	Version 1	Application mobile intégrant de l'IA (Agent conversationnel)	Multilingue	<ul style="list-style-type: none"> • Adultes (16+) : £15.00 • Senior +60 et 18€/personne • 80€/groupe (1à10 personne) : £12.50 • Enfants (5-15 ans) : £10.00 • Moins de 5 ans : gratuit
Musée 2	Musée du Vodou - Le monde Vodou	Strasbourg, France	Directrice du musée	Musée privé	Virtual Journey, Seppia et ICube	Casque RV intégrant un casque sonore / vidéo et audio	Français Anglais Allemand	<ul style="list-style-type: none"> • 18€/personne • 80€/groupe (1à10 personne)

Ce choix permet d'explorer la pluralité des motivations qui se cachent derrière la création et la mise en place des dispositifs immersifs : innovation technologique, renouvellement de la médiation culturelle, attractivité du public ou revalorisation du patrimoine.

2.1.2. Présentation des cas d'études

1. Cas d'étude n°1 – The National Museum of Computing (TNMOC)

Ce musée, implanté sur le site historique de Bletchley Park, est dédié à l'histoire et à l'évolution de l'informatique. Au cœur de ses activités, l'institution préserve et redonne vie à des machines historiques emblématiques telles que Colossus et WITCH, tout en s'interrogeant sur les applications actuelles de l'intelligence artificielle et de la robotique.

Pour enrichir l'expérience des visiteurs, le musée a récemment lancé une application mobile immersive baptisée *TNMOC Mate App*, qui intègre quatre modules exploitant l'intelligence artificielle.

Ce projet innovant a vu le jour grâce à un partenariat avec Version 1, une entreprise technologique reconnue pour son expertise en IA appliquée au domaine culturel.

Situé au cœur de Bletchley Park, le National Museum of Computing illustre parfaitement comment l'intelligence artificielle peut enrichir les expériences éducatives immersives. Nous avons administré, par mail, un questionnaire au format Microsoft Forms à Filippo Sassi, directeur du laboratoire d'IA chez Version 1 et créateur de l'application *TNMOC Mate*, ce qui nous a permis de saisir la vision et les ambitions pédagogiques qui ont guidé ce projet. Le verbatim de cet entretien avec Filippo Sassi est visible ci-dessous :

Question 1 : Can you please introduce yourself briefly and explain your role as the Head of AI Labs at Version 1?

“As the Head of the AI Labs I manage a team of 11 people focused on facilitating adoption of AI-related technologies. Part of my role includes, among other things, defining Version 1 AI strategy, talking with customers to understand business challenges where AI could apply, and designing AI solutions.”

Question 2 : Could you provide details about your role in the "VERSION 1" project and specifically how your expertise contributes to the development of TNMOC Mate at the National Museum of Computing?

“TNMOC is a museum displaying items involving cryptography, encryption, and decryption, complicated stuff even for insiders! The museum is often visited by neurodiverse children, sometimes with limited knowledge of the English language. The museum director wondered if we could have helped making the content more accessible to everybody using AI. Leveraging on experience from other past projects, I have designed the solution for an app using Generative AI tackling the challenges just described and making the content accessible to everybody.”

Question 3 : How much time was required to set up and operationalize the TNMOC Mate application with generative AI at the National Museum of Computing? What were the main challenges encountered during this implementation?

“We implemented the application in 4 weeks. The main challenge was meeting the agreed deadline and, at the same time, including new requirements the museum’s director kept adding. As we implemented the app free of charge, another challenge was managing costs, including running costs of the ongoing web app.”

Question 4 : Can you briefly describe your role in the "VERSION 1" project, particularly in the development of TNMOC Mate at the National Museum of Computing?

“I designed the solution, managed stakeholders’ expectations and the development team. See also point 2.”

Question 5 : How would you define generative AI for those who are not familiar with the concept?

“Gen AI is a technology able to create things such as text, images, videos, music and arts.”

Question 6 : What is the main objective of the TNMOC Mate application with generative AI at the National Museum of Computing?

“Making the museum content accessible to everybody.”

Question 7 : Could you explain the immersive experience that TNMOC Mate aims to provide to museum visitors?

“Users visiting the museum can scan a QR code to kick off the app on their mobiles. They are then asked to select their closest persona (which will determine the level of complexity) and preferred language. Then, they can select from the map the room they are in and the main historical character for the room will introduce them to its content. They can finally select which item(s) they want to know about and the related content will be shown (text) and played (voice) to them in their selected language.”

Question 8 : How is generative AI integrated into TNMOC Mate to enhance the visitors' experience?

“Anything in the app is AI generated from different models: GPT4 AI for the simplified and translated text, Midjourney for images, voices from Azure Speech Service, and video from D-ID.”

Question 9 : What were the major challenges faced during the development of TNMOC Mate, and how were they overcome?

“As this was charitable work, keeping the costs down has been the main challenge, especially for the ongoing, production solution. To overcome this challenge, we went for a static website hosted on Azure Storage, offering both cost-effectiveness and scalability.”

Question 10 : In what ways does TNMOC Mate stand out from other devices or similar applications in the field of immersive museums?

“As far as we know, no other museum employed Generative AI all around (texts, video, images,...) this way.”

Question 11 : Could you provide concrete examples of how generative AI improves visitor interaction with museum exhibits?

“The experience is described in answer 7. Without this tool users must rely on written information or information from guides which is in English only, and not customisable. This clearly limits comprehension for neurodiverse people or people whose first language is not English.”

Question 12 : How does TNMOC Mate consider the diversity of visitors in terms of age, cultural background, and linguistic environment?

“It does not as collect this information may breach some rules and regulations related to personal or sensitive data. No data is collected. The app simply asks for the closest avatar and preferred language.”

Question 13 : What was your main motivation for developing an application focused on generative AI to make education accessible to all?

“Many people are scared by AI and its implications. This was a chance to show that (Sustainable) AI can be also used for good.”

Question 14 : Can you share feedback or inspiring anecdotes from museum visitors after the integration of TNMOC Mate?

“Here are some feedback :

<https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:7130268975866781698/>”

Question 15 : In what ways does TNMOC Mate contribute to the educational mission of the National Museum of Computing?

“It makes it accessible to everybody, hopefully in a funny way.”

Question 16 : Could you explain how generative AI can contribute to creating a more personalized educational experience for TNMOC Mate users?

“Personalised content was not the goal of this application. Rather, inclusiveness and accessibility were the objectives, achieved by simplifying the content on the basis of the chosen persona (from 6 years old kid to 18 years old tech wizard and anything in between), and the choice of the preferred language.”

Question 17 : What are the primary areas of teaching or learning that TNMOC Mate particularly addresses effectively?

“Again, we did not create new teaching content. We just used AI to simplify the message to make it accessible to everybody.”

Question 18 : How does the "VERSION 1" project measure the success of TNMOC Mate in terms of educational impact?

“The museum will collect user’s feedback and on this basis, we will determine the success of the initiative.”

Question 19 : What are the future prospects for TNMOC Mate and similar applications using generative AI in the field of museums?

“We are planning to showcase the app to other museums and fine-tune it based on their wants and needs.”

Question 20 : As the Head of AI Labs, how do you foresee the evolution of generative AI use in similar projects in the future?

“Sustainable AI is a key ingredient of any AI offering. ESG implications should be considered for any AI-related project through Green AI (Environment), Responsible AI (Society) and Governance (AI for Governance). In my opinion museums and collections should embrace AI to make users' experience easier, more accessible, funnier, and ultimately more engaging.”

Question 21 : What advice would you give to other cultural institutions looking to integrate generative AI to make education more accessible?

“The AI revolution has started. Embrace the technology rather than fighting it or they will miss many opportunities.”

Question 22 : How does the National Museum of Computing plan to measure the long-term impact of TNMOC Mate on education and visitor experience?

“The app will be available through their website. They will monitor traffic increase to see if it will generate more traffic. Also, they will collect users’ feedback.”

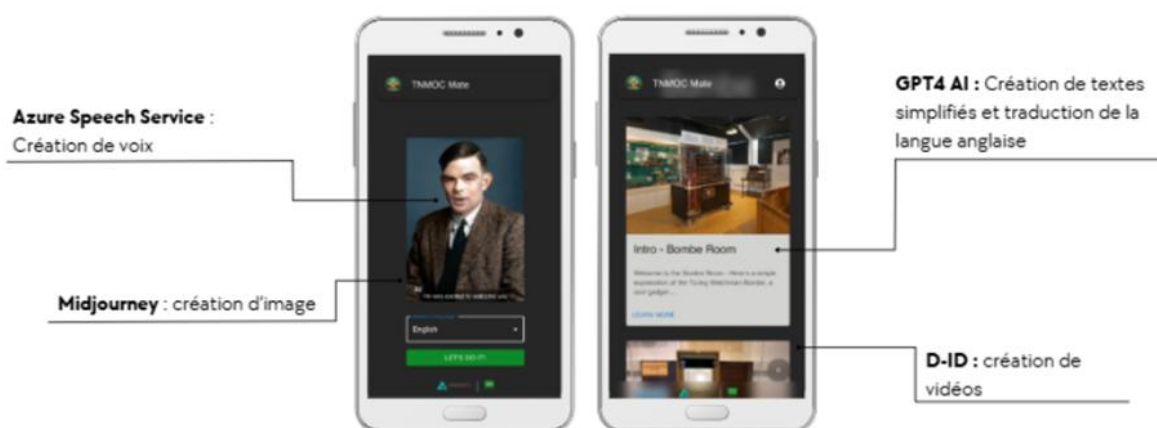
L’application a été conçue comme un outil d’accessibilité universelle, visant à « rendre la complexité intelligible pour tous », selon les termes de F. Sassi. La finalité énoncée par Sassi est d’ouvrir la compréhension du savoir qui entoure l’informatique à des publics variés, qu’ils soient spécialistes, profanes, neurodivergents, ou porteurs de handicaps sensoriels. Ainsi, l’application constitue un dispositif immersif et inclusif permettant aux visiteurs de comprendre les expositions du musée de manière personnalisée, multimodale et accessible.

Concernant le fonctionnement de l'application, le visiteur scanne un QR code à l'entrée d'une salle du musée. L'application se lance automatiquement et propose :

- le choix de la langue,
- la présentation visuelle et vocale d'un guide virtuel (avatar numérique),
- un contenu vulgarisé et multimédia sur les machines ou concepts exposés (par le biais de l'agent conversationnel).

L'application repose sur la combinaison de quatre intelligences artificielles principales, chacune assurant une fonction spécifique dans la création du contenu immersif. Le visuel et les détails de l'application sont visibles sur le schéma suivant :

Présentation de l'application TNMOC Mate app



L'entretien met aussi en lumière la conscience très vive des contraintes économiques et techniques inhérentes à ce genre de projet. Développé dans un cadre à but non lucratif, le dispositif a dû voir le jour rapidement, avec des moyens modestes. Cette réalité a naturellement orienté les concepteurs vers la simplicité, des technologies légères et une consommation énergétique raisonnable. Comme le souligne Sassi : « *Une intelligence artificielle n'a de valeur que si elle reste éthique et sobre.* ». Cette recherche d'une « *IA durable* » place le projet dans une démarche d'innovation responsable, soucieuse à la fois de l'environnement et des réalités budgétaires d'un musée public. Le TNMOC se distingue également par sa volonté d'évaluer concrètement l'impact de cette innovation sur la compréhension des visiteurs. Sassi explique que le musée « *suivra l'usage de l'application grâce à des indicateurs d'audience et de satisfaction* », mais aussi en analysant finement les retours des utilisateurs. Ainsi, l'expérience

immersive proposée ne se réduit pas à un simple gadget technologique : elle s'inscrit dans une stratégie globale d'accessibilité et d'inclusion. L'ambition est de conjuguer la rigueur historique et scientifique avec une approche simple et intuitive, tout en favorisant un usage éthique et participatif de l'intelligence artificielle dans le domaine muséal.

2. Cas d'étude n°2 – Le Château du Vodou (France)

Niché dans un ancien château d'eau strasbourgeois, le Château du Vodou abrite la plus vaste collection privée d'objets vaudous d'Afrique de l'Ouest. Fondé par Marie-Luce et Marc Arbogast, ce musée unique nous invite à une expérience sensorielle où la lumière, le son et la réalité virtuelle se conjuguent pour une immersion totale.

Nous avons administré un questionnaire au format Microsoft Forms avec Adeline Beck, administratrice et commissaire d'exposition. Voici le verbatim de cet entretien :

Question 1 : Pouvez-vous vous présenter brièvement (nom, poste, formation ou parcours professionnel) ?

“Administratrice et commissaire d'expositions. Passionnée par la musique et la danse.”

Question 2 : Quel est votre rôle exact au sein du musée ? Quelles sont vos principales missions ?

“Direction, administration, commissariat d'exposition. Cela comprend : gestion d'équipe, suivi des budgets, choix des expositions et coordination générale.”

Question 3 : Depuis combien de temps travaillez-vous dans ce musée ?

“10 ans.”

Question 4 : Avez-vous participé directement à la conception et/ou à la mise en œuvre des dispositifs immersifs au sein du musée ? Si oui, quel a été votre degré d'implication (conception, mise en place, suivi, gestion quotidienne, etc.) ?

“En partie. Certains dispositifs étaient déjà en place à mon arrivée, car ils ont été créés avant.”

Question 5 : Votre rôle implique-t-il un contact direct avec les visiteurs pour recueillir leurs retours sur les dispositifs immersifs ?

“Non, je ne suis pas en contact direct, mais je demande des retours à mon équipe.”

Question 6 : Pouvez-vous décrire brièvement votre musée et son rôle principal dans la valorisation du patrimoine culturel ou artistique ?

“Le Château Vodou est un musée privé atypique : il présente la plus grande collection d’objets vodou ouest-africains au monde.”

Question 7 : Quelles étaient vos motivations initiales pour intégrer des dispositifs immersifs dans le musée ?

“Moderniser mais aussi compléter l’expérience, car le vodou est une religion très vivante.”

Question 8 : Avez-vous identifié des attentes particulières chez vos visiteurs avant d’intégrer ces dispositifs immersifs ?

“Non, nous l’avons fait parce que nous avons été contactés par un prestataire qui en proposait.”

Question 9 : Pensez-vous que l’intégration de l’immersion soit une réponse à une évolution sociétale, notamment liée au numérique ?

“Oui, je le pense. C’est en partie devenu un besoin, mais seulement pour une catégorie de visiteurs.”

Question 10 : Le musée avait-il pour objectif de se différencier d’autres institutions en adoptant des technologies immersives ?

“Oui et non. Nous l’avons fait parce que cela nous intéressait, et dans un premier temps pour tester.”

Question 11 : Quels types d’outils numériques immersifs avez-vous adoptés ?

“Casques de réalité virtuelle, audioguides sur les téléphones, télévisions.”

Question 12 : Pouvez-vous indiquer les marques et modèles de ces outils ainsi que leur année de mise en service ?

“Oculus, 2019 pour les casques. Téléphones des visiteurs : la base de données est mise à jour régulièrement.”

Question 13 : Ces outils permettent-ils une immersion totale ou partielle ? Quels sont, selon vous, les avantages ou limites ?

“Les deux. L’immersion totale peut être mal supportée (vertiges) quand elle dure trop longtemps.”

Question 14 : Quelle a été la fourchette de prix pour l’acquisition de ces dispositifs ? Avez-vous bénéficié de subventions ?

“10 000 euros pour les casques VR. Oui, subventionné en totalité (sinon nous n’aurions pas pu le faire).”

Question 15 : Les dispositifs immersifs nécessitent-ils des moyens humains importants ?

“Pour l’achat, oui. Pour le reste, non.”

Question 16 : Quel est le budget alloué à l’entretien, à la mise à jour et à la gestion de ces dispositifs ?

“300 euros par an.”

Question 17 : Combien de temps a été nécessaire pour passer de l’idée à la mise en œuvre ?

“1 an.”

Question 18 : L’expérience immersive répond-elle à un besoin exprimé ou latent des visiteurs ?

“Nous l’avons fait par opportunité, quand nous avons rencontré le prestataire, comme une expérimentation.”

Question 19 : Qu’est-ce que l’immersion apporte de plus aux visiteurs, comparé aux outils traditionnels ?

“Une réelle plongée dans des cérémonies qu’il est très compliqué d’observer en personne.”

Question 20 : L’immersion permet-elle de transmettre des informations de manière plus engageante ?

“Oui, cela permet de mieux capter l’attention.”

Question 21 : L’expérience immersive donne-t-elle une nouvelle perspective sur les collections ?

“Oui, comme dit précédemment.”

Question 22 : Quels retours des visiteurs avez-vous reçus ?

“Positifs. Très intéressant de pouvoir vivre ainsi un rituel.”

Question 23 : L’intégration des dispositifs immersifs a-t-elle augmenté la fréquentation du musée ?

“Je dirais 5 % seulement.”

Question 24 : Ces dispositifs ont-ils permis de rendre le musée plus attractif pour certains publics ?

“Au final, ce sont plutôt les plus de 50 ans qui viennent en profiter.”

Question 25 : L’immersion a-t-elle permis de valoriser autrement vos collections ?

“Oui, en les remplaçant dans leur contexte réel.”

Question 26 : Ces dispositifs changent-ils la perception du rôle du musée ?

“Oui, pour les visiteurs qui ont ce besoin d’interactivité.”

Question 27 : L’immersion redéfinit-elle l’identité du musée ?

“Plutôt non. Je dirais plutôt que cela répond à une attente ponctuelle.”

Question 28 : Ces dispositifs ont-ils un rôle éducatif spécifique ?

“Oui, ils sont plus focalisés sur le son et l’image.”

Question 29 : Permettent-ils de toucher un public moins habitué aux musées ?

“Non, cela reste difficile d’attirer de nouveaux visiteurs.”

Question 30 : L’immersion facilite-t-elle la transmission d’informations complexes ?

“Oui, pour donner une réalité à un contexte qui serait long et difficile à décrire autrement.”

Question 31 : Avez-vous remarqué une différence dans la compréhension ou la mémorisation ?

“Non, pas réellement.”

Question 32 : Avez-vous rencontré des difficultés lors de la mise en œuvre ?

“Financières, oui, et techniques lors des premiers bugs.”

Question 33 : Quels sont les principaux défis liés à l’entretien et à la mise à jour des technologies immersives ?

“Le personnel doit être formé, cela est donc coûteux.”

Question 34 : Pensez-vous que ces dispositifs pourraient être améliorés ?

“Les dispositifs sont déjà assez performants. Désormais, il faudrait que les visiteurs soient plus nombreux à les utiliser.”

Question 35 : Ces technologies risquent-elles de détourner l’attention des collections ?

“Oui, si c’est trop utilisé. Je pense que c’est aux équipes de gérer cet équilibre ; l’aspect humain reste essentiel.”

Question 36 : L’intégration de l’immersion est-elle une tendance de long terme ou un effet de mode ?

“A long terme.”

Question 37 : Envisagez-vous d’intégrer davantage de technologies immersives à l’avenir ?

“Non, pas pour l’instant. C’est trop onéreux et nous avons déjà assez de propositions pour nos visiteurs.”

Question 38 : Quels conseils donneriez-vous à d’autres musées souhaitant se lancer dans l’immersion ?

“Trouver des partenaires de qualité qui ne sont pas en situation de monopole.”

Question 39 : L’immersion peut-elle transformer durablement la perception du musée ?

“Non, c’est un appoint, un complément de médiation. Il suffit de voir l’échec des concepts tout-immersifs.”

Question 40 : Les musées immersifs ont-ils un impact sociétal ?

“Ils peuvent effectivement permettre de parler de sujets qui ne permettent pas de médiation classique.”

Grâce à cet entretien, nous avons découvert comment le dispositif *Le Monde Vodou en réalité virtuelle* s’intègre parfaitement à la démarche muséale. Cette création originale aspire à nous transporter au cœur d’un rituel béninois, offrant ainsi une compréhension plus intime de pratiques culturelles souvent méconnues ou caricaturées. La scénographie, savamment orchestrée, joue sur l’obscurité, les récits sonores et les projections numériques pour créer une atmosphère enveloppante. Depuis 2019, cette installation novatrice permet aux visiteurs de vivre une immersion symbolique et émotionnelle au plus près des traditions du vodou.

Ce projet a été développé en collaboration avec plusieurs partenaires techniques :

- la société Virtual Journey, spécialisée dans la réalité virtuelle patrimoniale,
- la société de production Seppia, en charge de la captation audiovisuelle,

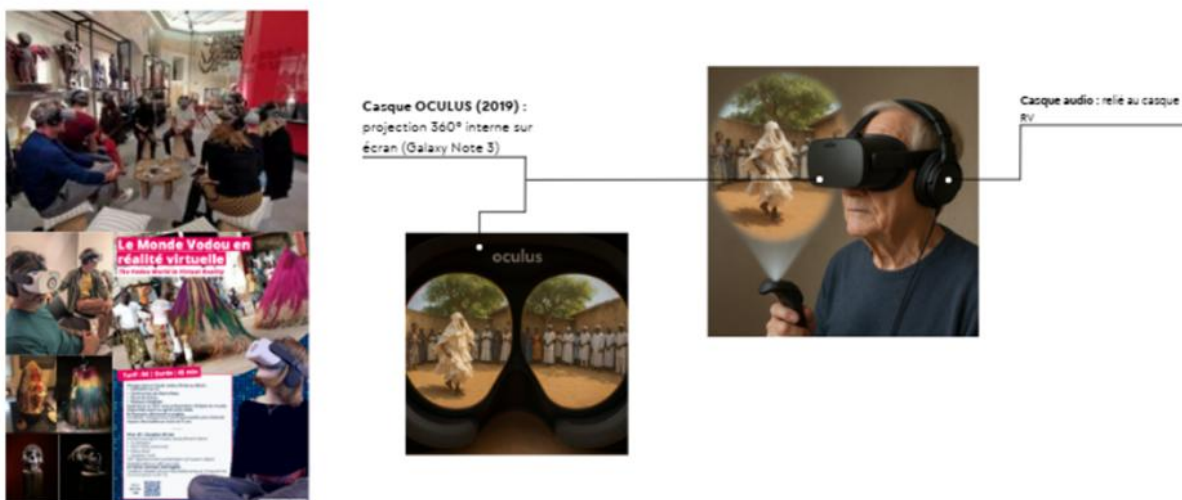
- et le laboratoire ICube (Université de Strasbourg), qui a apporté son expertise en imagerie 3D et en traitement visuel.

Ce dispositif ambitionne d'immerger au sein d'un environnement reconstituant les pratiques vivantes du vodou qui peuvent être soit inaccessibles à visiter, faute de moyens matériels ou pécuniaires, ou faute de mobilité physique. Le but est de proposer un substitut à une vraie visite cérémonielle au Bénin. Ainsi, le dispositif propose une remise en contexte des pratiques originelles, avec un niveau d'immersion sensorielle et émotionnelle total.

Les outils supportés utilisés sont les casques de réalité virtuelle OCULUS (modèle 2019), fonctionnant avec l'écran du smartphone Galaxy Note 3 intégré.

Le casque permet une projection à 360° du rituel filmé, restituant ainsi l'environnement sous tous les angles. Le casque est doté de capteurs de mouvement qui permettent à l'utilisateur d'observer ce qui l'entoure et de ressentir la profondeur spatiale du lieu et des pratiques. Un visuel explicatif du dispositif se trouve ci-dessous :

Présentation du musée immersif : Le monde Vodou



Cette technologie de réalité virtuelle immersive repose sur la stéréoscopie (affichage d'une distorsion de l'image dû au verre installé dans l'oculaire, et d'un léger décalage pour chaque œil, créant l'illusion de relief) et sur le captage des mouvements de tête, ce qui octroie au visiteur le sentiment d'être physiquement présent dans le lieu où se tient la cérémonie (Gatinel, 2022). Le visuel est synchronisé à l'aide d'un casque audio haute définition, directement relié au casque VR. Il diffuse des chants et percussions traditionnels, les voix des participants, et les sons d'ambiance du village (vent, conversations, pas, cris d'animaux, etc.). Le son a été capté

en enregistrement binaural, c'est-à-dire en 3D audio, permettant une localisation spatiale du son conforme à la position du spectateur.

Cette spatialisation sonore joue un rôle déterminant dans le sentiment de présence (*presence effect*) et dans la composante émotionnelle de l'expérience immersive.

Le dispositif est accompagné d'une interface de lancement simplifiée, permettant aux visiteurs de démarrer la vidéo sans manipulation complexe. Les médiateurs du musée assurent une mise en contexte avant et après l'expérience, afin d'éviter la déconnexion cognitive entre la réalité rituelle vécue virtuellement et la scénographie muséale.

Selon A. Beck, l'intégration de la réalité virtuelle « *ne vise pas à remplacer la visite physique, mais à la compléter en donnant accès à ce qui ne peut être montré dans les vitrines* ». La technologie devient ici un médium de transmission culturelle, au service de l'intelligibilité du rituel et du respect des croyances. Le casque VR, combiné à un enregistrement audio binaural, plonge le spectateur dans une cérémonie filmée en immersion totale. Les sons, les gestes et les ambiances restituent la complexité du rite, suscitant une expérience émotionnelle forte. Ce dispositif permet, selon la responsable, « *d'approcher le sacré sans le dénaturer, de le comprendre sans l'objectiver* ». Cependant, l'entretien met également en lumière les limites matérielles et humaines associées à ce type de technologie. Beck souligne des « *difficultés financières et techniques lors des premiers essais* », liées notamment à la maintenance du matériel et à la formation du personnel. Les coûts d'acquisition et de mise à jour représentent un frein à l'extension du dispositif, d'autant que le musée fonctionne sur un modèle privé. Elle insiste sur la nécessité de « *trouver des partenaires fiables et sensibles au patrimoine* » pour pérenniser ce type d'innovation.

La responsable reste prudente quant à la place de la technologie dans la médiation muséale : si l'immersion contribue à enrichir l'expérience, elle ne doit pas « *détourner l'attention des collections elles-mêmes* ». Elle considère l'usage de la VR comme un « *appoint, un complément de médiation, et non comme une finalité* ». En ce sens, le Château Vodou incarne une conception humaniste et réflexive de l'immersion, où la technologie s'efface derrière la valeur symbolique et culturelle de l'expérience. Le recours à la VR vise moins à impressionner qu'à impliquer émotionnellement le visiteur, en favorisant une approche sensible, participative et respectueuse du patrimoine immatériel africain.

2.2. Analyse croisée et comparative

L'analyse croisée de ces deux études met en évidence à la fois des convergences méthodologiques et des divergences conceptuelles. En effet, dans le cas de convergence, les deux musées partagent une ambition similaire : donner accès au savoir en rendant compréhensibles les informations au prisme de l'immersion. Les deux institutions mobilisent la technologie pour démocratiser la culture et proposer une médiation inclusive. L'une comme l'autre cherche à réduire la proximité entre le visiteur et le savoir exposé dans le lieu physique à travers une expérience incarnée, intuitive et émotionnelle.

Cependant, la comparaison met en lumière deux philosophies distinctes de l'immersion. De fait, le TNMOC s'inscrit dans une logique de médiation cognitive et éducative, où l'intelligence artificielle occupe le rôle de médiateur des savoirs complexes. L'application vulgarise les connaissances scientifiques qui intègrent un jargon inaccessible (puisque c'est un vocabulaire professionnel attendant au monde de l'informatique) en s'appuyant sur la personnalisation et la multimodalité des IA pour rendre accessible. À l'inverse, le Château Vodou privilégie une immersion sensorielle et symbolique, où la réalité virtuelle permet de créer un rapport respectueux du sacré en immergeant l'utilisateur dans une cérémonie intime aux initiés. L'expérience ne vise pas directement la compréhension intellectuelle, mais la participation émotionnelle et l'ouverture interculturelle. Les différences tiennent également à la nature institutionnelle et aux ressources disponibles. Le TNMOC, musée public à vocation internationale, s'appuie sur un partenariat technologique stable (Version 1) et bénéficie d'une visibilité scientifique importante. Le Château Vodou, musée privé à l'échelle humaine, dépend davantage de partenariats ponctuels et de soutiens externes pour financer ses projets. Cette distinction influe sur la soutenabilité et la fréquence des innovations immersives.

Enfin, les entretiens révèlent une divergence quant à la conception du rapport entre technologie et patrimoine. Pour Sassi, la technologie constitue un outil de transformation muséale durable, capable d'ouvrir une nouvelle ère de médiation accessible et éthique. Pour Beck, elle demeure un moyen complémentaire, un support expérientiel dont la fonction est d'amplifier la compréhension sans se substituer à la rencontre directe avec l'objet culturel.

Ainsi, ces deux musées sont complémentaires en termes d'accessibilité : l'une orientée vers la démocratisation cognitive du savoir scientifique, l'autre vers la médiation sensible du patrimoine culturel. Leur mise en parallèle met en évidence la richesse et la diversité des stratégies immersives dans le champ muséal contemporain, confirmant que la technologie,

lorsqu'elle est pensée avec cohérence et éthique, peut devenir un puissant vecteur d'accessibilité, d'inclusion et de compréhension.

SECTION 3 : Méthode quantitative : Enquête exploratoire sur l'accessibilité et l'inclusion des visiteurs dans les musées immersifs (MI)

3.1. Pourquoi une analyse quantitative ?

Cette partie a pour but de souligner l'importance de cette approche quantitative pour mesurer l'accessibilité et l'inclusion dans les musées immersifs.

Ce type d'analyse nous offre plusieurs avantages :

- elle donne à voir, en chiffres, les représentations, attitudes et comportements des visiteurs ;
- elle évalue dans quelle mesure les dispositifs numériques favorisent réellement l'ouverture sociale et l'inclusion ;
- elle fait ressortir les tendances qui distinguent la fréquentation et la perception des musées immersifs de leurs homologues traditionnels.

Ainsi, l'analyse quantitative vient étoffer notre réflexion sur les origines élitistes des musées, une question déjà abordée par Bourdieu dans *La Distinction* (1979), en posant des faits et en apportant des données tangentes qui questionnent les pratiques sociales au sein des pratiques culturelles. Notre ambition n'est pas ici de tirer des conclusions à l'échelle nationale, mais plutôt de saisir les pratiques muséales contemporaines.

3.2. Élaboration du questionnaire

Le questionnaire a été conçu selon une logique exploratoire et compréhensive, structurée en plusieurs parties visant à couvrir :

1. Les pratiques culturelles générales des répondants (fréquentation des musées, type de lieux visités)
2. Le rapport aux musées immersifs (intérêts, attentes, perception de l'accessibilité, du prix, de la technologie)

3. Les données sociodémographiques (âge, niveau d'études, statut socio-professionnel), afin de permettre les croisements statistiques avec les pratiques.

Ce découpage vise à articuler les variables sociales (Bourdieu) et les comportements culturels : il permet d'évaluer si la fréquentation des musées immersifs tend à atténuer la barrière élitiste observée dans les musées traditionnels.

Voici le questionnaire administré dans le cadre de l'enquête :

SECTION 1 - Données sociodémographiques

1. Quel est votre âge ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Moins de 18 ans
- 18–24 ans
- 25–34 ans
- 35–44 ans
- 45–54 ans
- 55–64 ans
- 65 ans et plus

2. Quel est votre genre ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Femme
- Homme
- Autre / Préfère ne pas dire

3. Quel est votre niveau d'étude ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Aucun diplôme

- CAP / BEP
- Bac
- Bac +2 (BTS, DUT...)
- Licence / Bac +3
- Master / Bac +5
- Doctorat

4. Quel est votre statut professionnel actuel ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Étudiant.e (filière sélective ou non)
- Salarié (employé de bureau, fonctionnaire, etc.)
- Cadre supérieur
- Travailleur indépendant
- Sans emploi / en reconversion
- Retraité.e

SECTION 2 - Fréquentation muséale

5. À quelle fréquence fréquentez-vous les musées classiques (expositions traditionnelles) ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Très souvent
- Parfois
- Rarement
- Jamais

6. Avez-vous déjà visité un musée immersif (utilisant des technologies telles que VR, AR, AI, deepfake...) ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Oui
- Non

7. Si oui, à quelle fréquence fréquentez-vous ce type de musée ?

(Choix multiple – Question conditionnelle)

Options possibles :

- Très souvent
- Parfois
- Rarement
- Jamais

8. Trouvez-vous les musées immersifs plus attractifs que les musées classiques ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Beaucoup plus attractifs
- Attractifs
- Moyennement attractifs
- Peu attractifs
- Pas du tout attractifs

9. Pensez-vous que l'utilisation des technologies immersives aide à mieux comprendre les œuvres ou les savoirs présentés ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Très bien
- Bien
- Moyennement
- Peu

- Pas du tout

SECTION 3 - Accessibilité économique

10. Selon vous, les musées immersifs devraient-ils proposer des tarifs solidaires ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Oui
- Non
- Sans avis

11. Le coût d'entrée dans un musée immersif vous semble-t-il justifié ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Très justifié
- Moyennement justifié
- Peu justifié
- Pas du tout justifié

12. Avez-vous déjà renoncé à visiter un musée immersif à cause du prix ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Oui, souvent
- Parfois
- Rarement
- Jamais

13. Les tarifs des musées classiques sont-ils plus abordables pour vous ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Oui
- Non

- Sans opinion

SECTION 4 - Culture et numérique

14. Utilisez-vous des plateformes numériques (YouTube, podcasts, MOOCs...) pour accéder à des connaissances au quotidien ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Très souvent
- Souvent
- Parfois
- Rarement
- Jamais

15. Le numérique vous aide-t-il à vous cultiver autrement ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Oui
- Non
- Je ne sais pas

SECTION 5 - Perception et avenir des musées immersifs

16. Aimeriez-vous que davantage de musées proposent des expériences immersives ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Absolument
- Oui
- Peut-être
- Non

17. Pensez-vous que ces formats (immersif) pourraient réconcilier certaines personnes avec la culture ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Oui
- Non
- Sans avis

18. Trouvez-vous que les musées adaptent leur contenu en fonction des publics (âge, origine sociale...) par le biais des formats immersifs ?

(Choix multiple – Question obligatoire)

Options possibles :

- Oui
- Non
- En partie

19. Pour conclure, selon vous, les musées immersifs sont-ils une réelle opportunité pour réduire les inégalités culturelles ou renforcent-ils malgré tout certaines exclusions ?

(Question ouverte – Question obligatoire)

Le choix d'un questionnaire fermé, majoritairement à choix multiples, répond à la volonté de faciliter le traitement statistique (tri à plat et tri croisé) et d'obtenir des indicateurs clairs sur la représentation des publics.

3.2.1. Méthode de diffusion

Nous avons diffusé l'enquête sur différents canaux. Nous avons utilisé les réseaux sociaux (Facebook, Instagram, LinkedIn) et le bouche-à-oreille, favorisant un échantillon diversifié sans prétention de représentativité nationale. Nous avons récolté 120 réponses, un corpus jugé amplement suffisant pour une enquête exploratoire au sein de notre recherche. En effet, l'objectif n'est pas d'établir une vérité statistique universelle, mais d'identifier des tendances sociales et culturelles au sein d'un panel hétérogène et cohérent, correspondant aux publics susceptibles de fréquenter ou non les musées immersifs.

3.3. Résultats quantitatifs

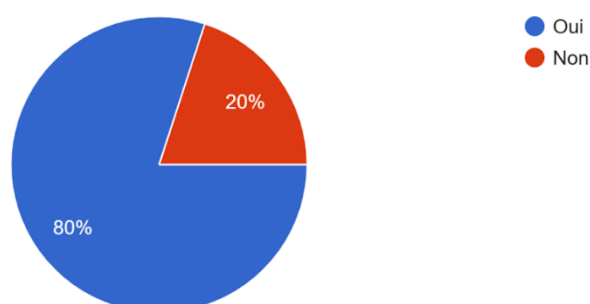
3.3.1. Tri à plat (principaux enseignements)

- Visite de musées immersifs (MI) : 80,0 % des répondant.es déclarent avoir déjà visité un MI.
- Prix = frein (MI) : 47,9 % estiment que le prix d'entrée constitue un frein.
- Renoncement à cause du prix (MI) : la part de répondant.es déclarant avoir déjà renoncé à une visite pour cause de prix est quasi nulle dans l'échantillon (≈ 0 %) à interpréter avec prudence (biais d'échantillon ou formulation).
- Tarifs des musées classiques : 70,1 % estiment les tarifs des musées traditionnels plus abordables.
- Élitisme perçu des musées classiques : 53,1 % estiment que les musées classiques restent réservés à une élite sociale.
- Inclusion/Accueil en MI : 53,1 % disent se sentir mieux accueilli.es / plus inclus.es en MI.

Les diagrammes qui illustrent nos propos sont visibles ci-dessous :

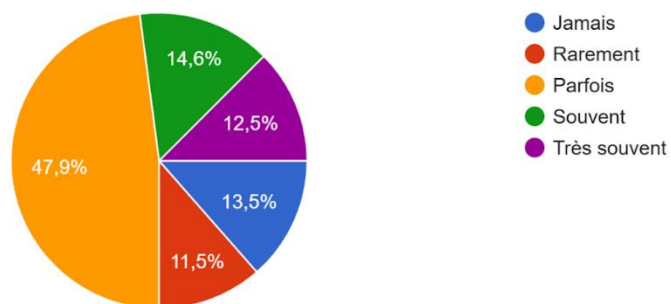
Avez-vous déjà visité un musée immersif (utilisant des technologies telles que VR, AR, AI, deepfake...) ?

120 réponses



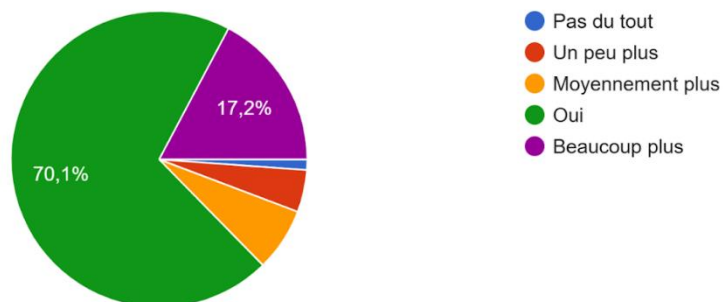
Avez-vous déjà renoncé à visiter un musée immersif à cause du prix ?

96 réponses



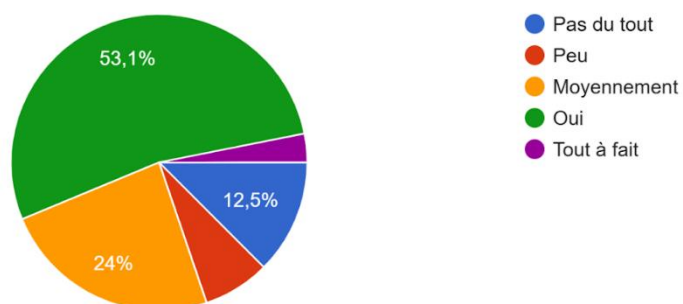
Les tarifs des musées classiques sont-ils plus abordables pour vous ?

87 réponses



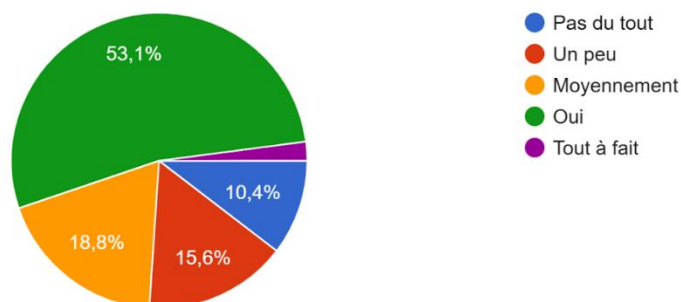
Pensez-vous que les musées classiques restent réservés à une certaine élite sociale ?

96 réponses



Vous sentez-vous mieux accueilli.e ou plus inclus.e dans un musée immersif ?

96 réponses



Ces constats s'alignent sur certains éléments de notre cadrage théorique. En effet, malgré des prix plus bas, les musées classiques demeurent socialement marqués par l'image élitiste ancrée dans l'histoire de cette institution. Malgré la constatation du musée immersif comme étant perçus plus inclusifs, il demeure que leur tarification constitue un frein tangible.

3.3.2. Tris croisés et analyse interprétative

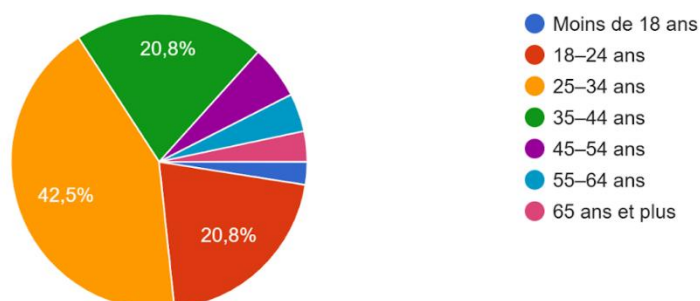
Les résultats de notre enquête :

SECTION 1 - Profil sociodémographique

Question 1 :

Quel est votre âge ?

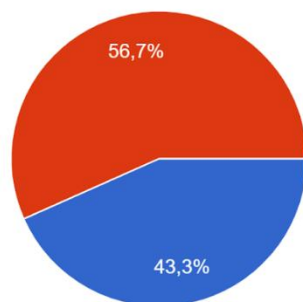
120 réponses



Question 2 :

Quel est votre genre ?

120 réponses

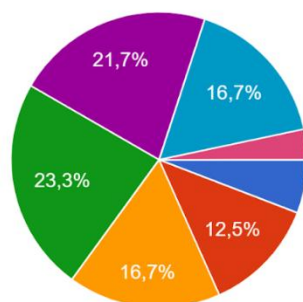


- Homme
- Femme
- Autre / Préfère ne pas dire

Question 3 :

Quel est votre niveau d'étude ?

120 réponses

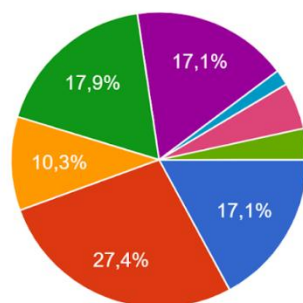


- Aucun diplôme
- CAP / BEP
- Baccalauréat
- Bac +2 (BTS, DUT...)
- Licence / Bac +3
- Master / Bac +5
- Doctorat

Question 4 :

Quel est votre statut professionnel actuel ?

117 réponses



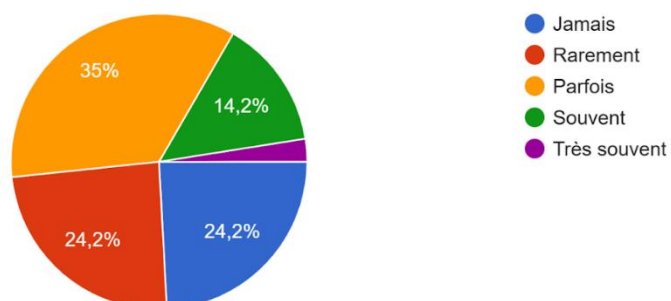
- Cadre supérieur
- Salarié (employé de bureau)
- Étudiant.e (filiale sélective : médecine, prépa, ingénieur...)
- Étudiant.e (autres filières)
- Métiers : ouvrier.ère, vendeur.euse, caissier.ère, coiffeur.euse, esthéticien....
- Artiste indépendant.e
- Sans emploi / en reconversion
- Retraité.e

SECTION 2 - Fréquentation culturelle

Question 5 :

À quelle fréquence fréquentez-vous des musées classiques (expositions traditionnelles) ?

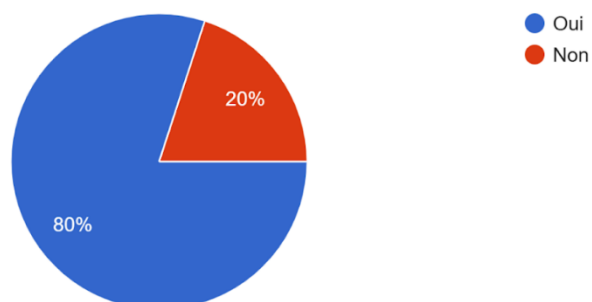
120 réponses



Question 6 :

Avez-vous déjà visité un musée immersif (utilisant des technologies telles que VR, AR, AI, deepfake...) ?

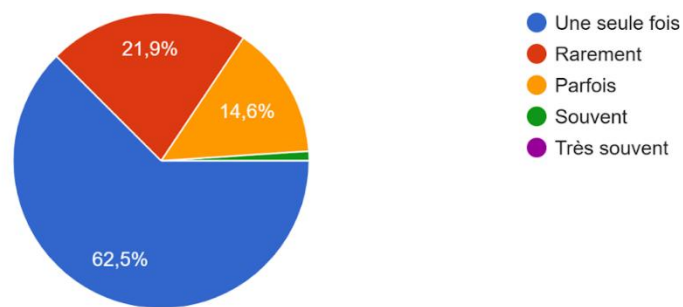
120 réponses



Question 7 :

Si oui, à quelle fréquence fréquentez-vous ce type de musée ?

96 réponses

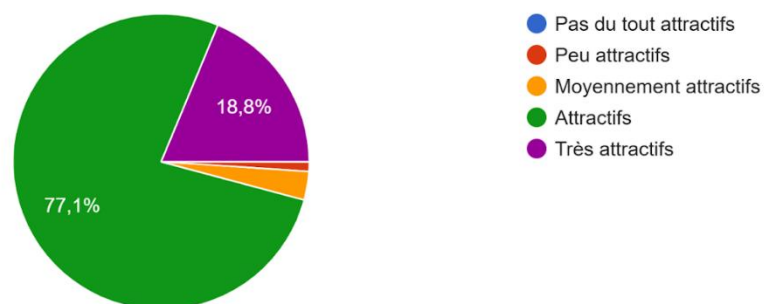


SECTION 3 - Attirance et compréhension

Question 8 :

Trouvez-vous les musées immersifs plus attractifs que les musées classiques ?

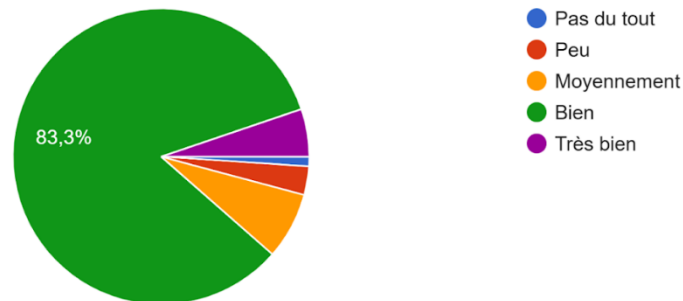
96 réponses



Question 9 :

Pensez-vous que l'utilisation des technologies immersives aide à mieux comprendre les œuvres ou les savoirs présentés ?

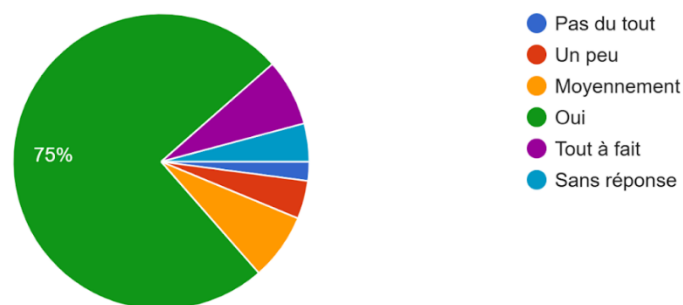
96 réponses



Question 10 :

Avez-vous le sentiment d'apprendre davantage dans un musée immersif que dans un musée classique ?

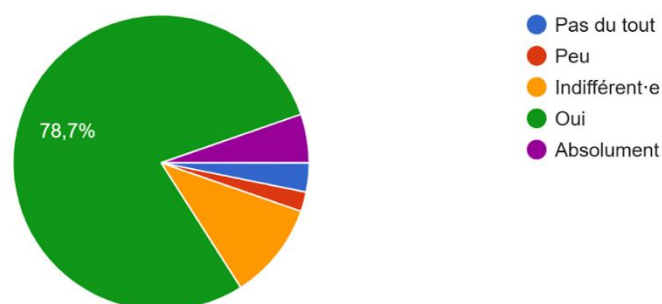
96 réponses



Question 11 :

Préférez-vous l'interactivité d'un musée immersif à la visite passive d'un musée classique ?

94 réponses

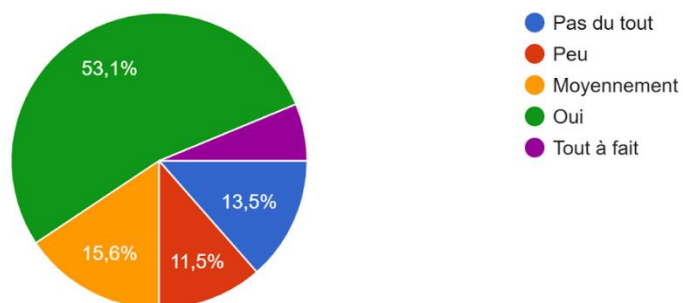


SECTION 4 - Inclusion sociale et culturelle

Question 12 :

Vous sentez-vous légitime à fréquenter un musée classique ?

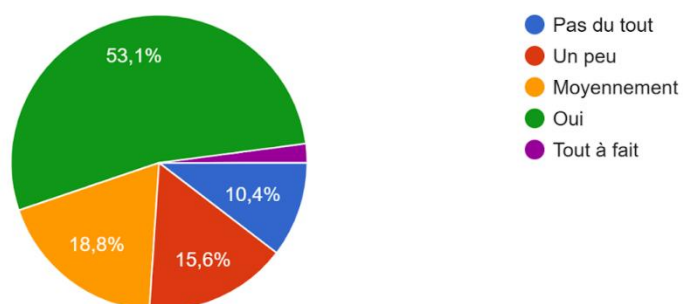
96 réponses



Question 13 :

Vous sentez-vous mieux accueilli.e ou plus inclus.e dans un musée immersif ?

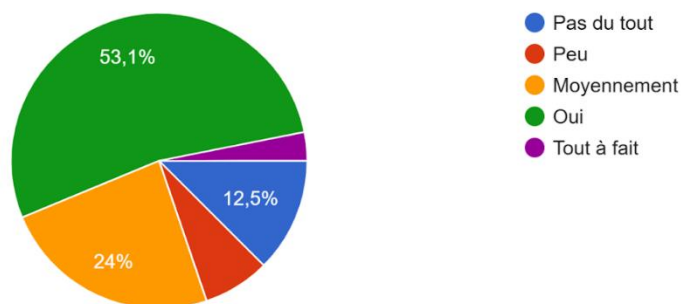
96 réponses



Question 14 :

Pensez-vous que les musées classiques restent réservés à une certaine élite sociale ?

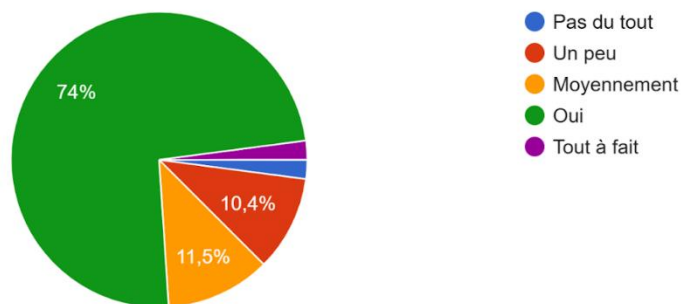
96 réponses



Question 15 :

Trouvez-vous que les musées immersifs démocratisent davantage l'accès au savoir ?

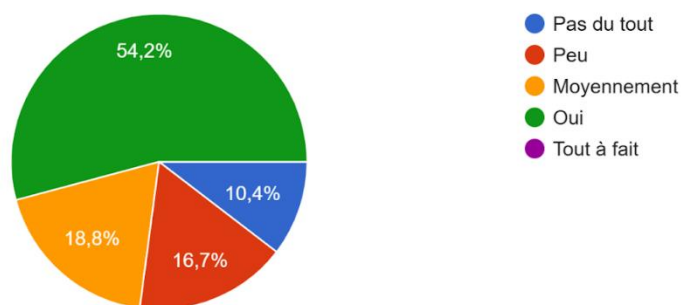
96 réponses



Question 16 :

Est-ce que les musées immersifs réduisent les barrières sociales ou culturelles selon vous ?

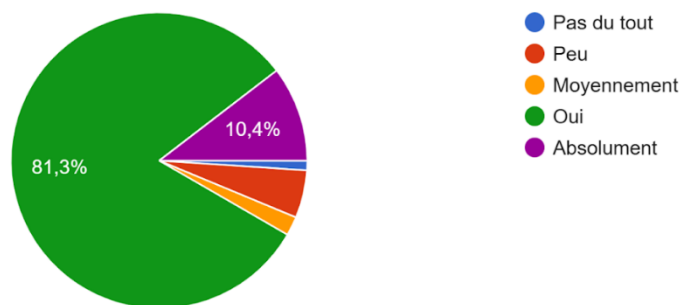
96 réponses



Question 17 :

Pensez-vous que ces musées pourraient toucher des publics plus larges (jeunes, classes populaires, non diplômés...) ?

96 réponses

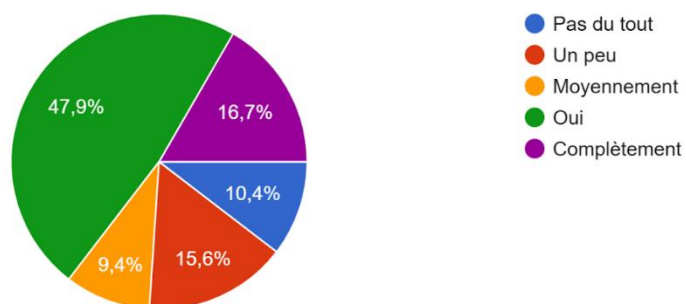


SECTION 5 - Accessibilité financière

Question 18 :

Le prix d'entrée des musées immersifs représente-t-il un frein pour vous ?

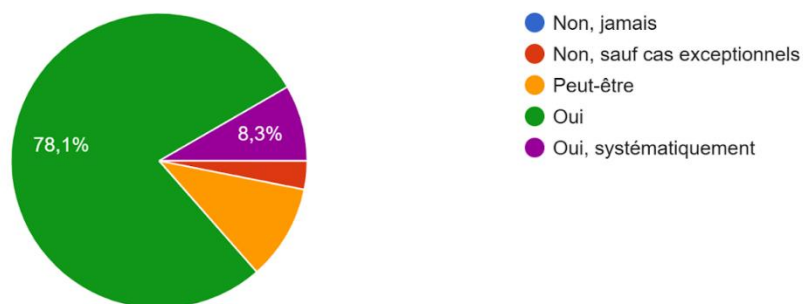
96 réponses



Question 19 :

Selon vous, les musées immersifs devraient-ils proposer des tarifs solidaires ?

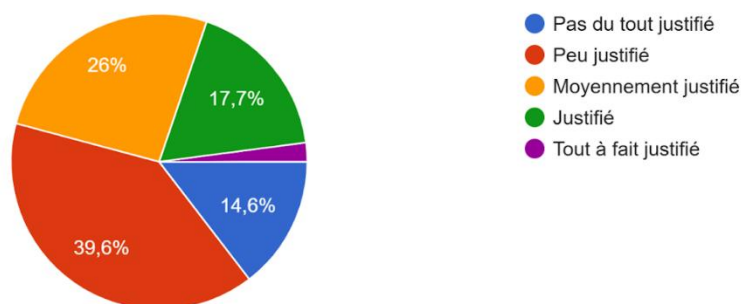
96 réponses



Question 20 :

Le coût d'entrée dans un musée immersif vous semble-t-il justifié ?

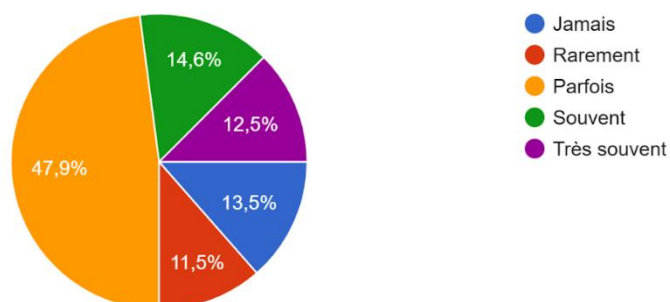
96 réponses



Question 21 :

Avez-vous déjà renoncé à visiter un musée immersif à cause du prix ?

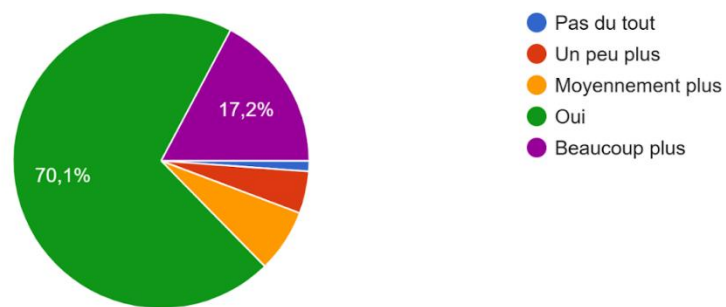
96 réponses



Question 22 :

Les tarifs des musées classiques sont-ils plus abordables pour vous ?

87 réponses

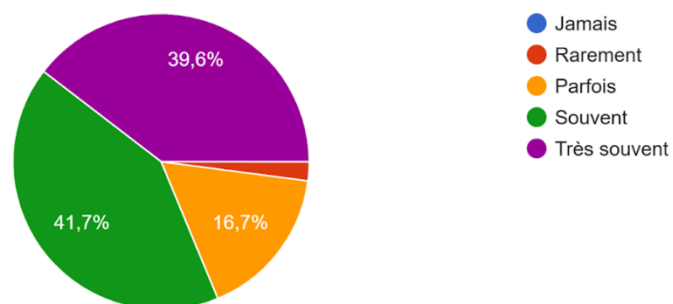


SECTION 6 - Autres formes d'accès au savoir

Question 23 :

Utilisez-vous des plateformes numériques (YouTube, podcasts, MOOCs...) pour accéder à des connaissances au quotidien ?

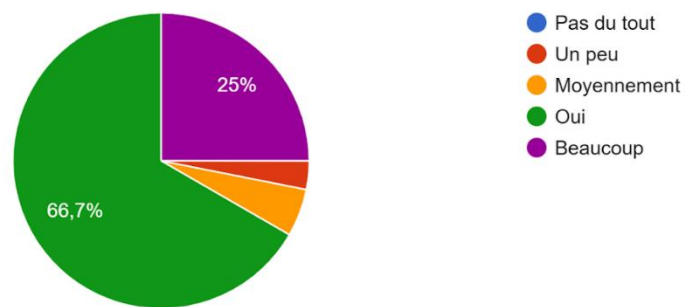
96 réponses



Question 24 :

Le numérique vous aide-t-il à vous cultiver autrement ?

96 réponses

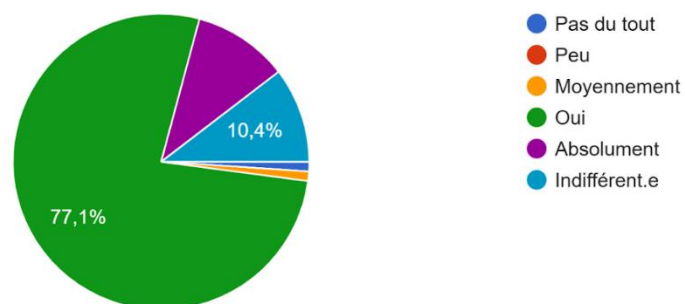


SECTION 7 - Représentation et souhaits

Question 25 :

Aimeriez-vous que davantage de musées proposent des expériences immersives ?

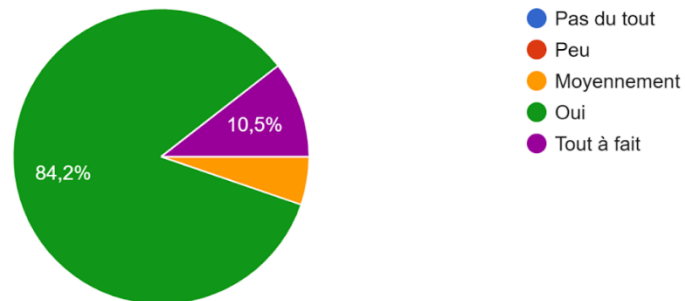
96 réponses



Question 26 :

Pensez-vous que ces formats (immersif) pourraient réconcilier certaines personnes avec la culture ?

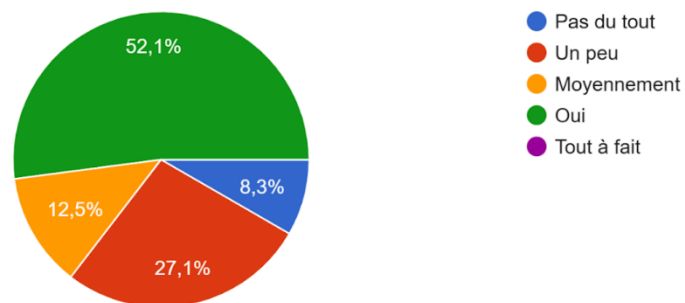
95 réponses



Question 27 :

Trouvez-vous que les musées adaptent leur contenu en fonction des publics (âge, origine sociale...) par le biais des formats immersifs ?

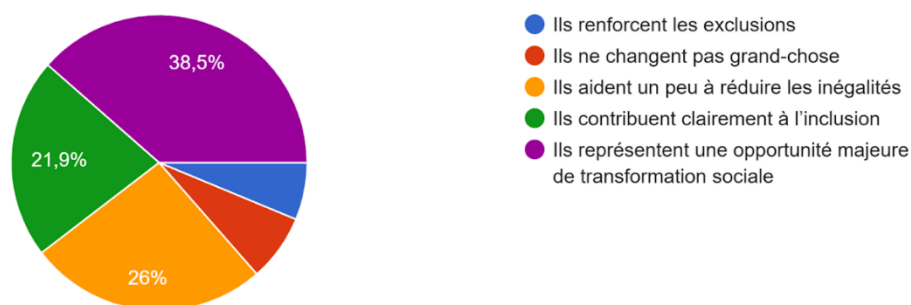
96 réponses



Question 28 :

Pour conclure, selon vous, les musées immersifs sont-ils une réelle opportunité pour réduire les inégalités culturelles ou renforcent-ils malgré tout certaines exclusions ?

96 réponses



a. Capital scolaire et fréquentation des musées traditionnels

Niveau d'études × Fréquentation des musées classiques

- Part visitant souvent / très souvent les musées classiques (par niveau) :
 - Doctorat : 50,0 %
 - Master / Bac +5 : 25,0 %
 - Licence / Bac +3 : 23,1 %
 - Bac +2 : 10,7 %
 - Baccalauréat : 10,0 %
 - CAP/BEP : 13,3 %
 - Aucun diplôme : 0,0 %

Lecture : plus le capital scolaire est élevé, plus la fréquentation des musées classiques est intensive, un pattern conforme aux analyses de Bourdieu sur la distinction et la reproduction sociale des pratiques culturelles.

b. Ouverture sociale : qui visite les musées immersifs ?

Niveau d'études × « A déjà visité un MI (oui) »

- Doctorat : 100,0 %

- Master / Bac +5 : 95,0 %
- Licence / Bac +3 : 88,5 %
- Bac +2 : 78,6 %
- Baccalauréat : 75,0 %
- CAP/BEP : 66,7 %
- Aucun diplôme : 42,9 %

Les musées immersifs élargissent la fréquentation au-delà du cœur des publics « légitimes », mais on observe encore un gradient social : les plus diplômé.es viennent davantage, même si les moins diplômé.es sont loin d’être absents. Sur le plan symbolique, l’accueil et l’interactivité semblent réduire des barrières (plus de la moitié rapportent un meilleur sentiment d’inclusion).

c. Le prix, vrai nœud de l’inclusion immersive

Statut professionnel × « Le prix des MI est un frein (oui) »

- Étudiant.es (filière sélective) : 66,7 %
- Étudiant.es (autres) : 47,6 %
- Salarié.es (employé.es de bureau) : 40,6 %
- Cadres supérieurs : 30,0 %
- Sans emploi / reconversion : 33,3 %
- Ouvrier.es / vendeur.ses / etc. : 25,0 %
- Retraité.es : 25,0 %

Le frein prix pèse fortement sur les jeunes/étudiant.es, alors que les cadres le ressentent moins. Cela explique la tension : les musées immersifs sont perçus comme plus inclusifs, mais leur coût peut recréer des barrières d’accès, d’où l’intérêt de tarifs solidaires et de médiations ciblées.

d. Disjonction prix ↔ fréquentation (classiques vs immersifs)

- Les musées classiques sont jugés plus abordables (70,1 %), mais ils restent perçus élitistes (53,1 %) et davantage fréquentés par les plus diplômé.es.

- Les musées immersifs paraissent plus accueillants/inclusifs (53,1 %), et touchent plus large... tant que le prix ne bloque pas (47,9 % le vivent comme un frein).

Conclusion interprétative : Les musées immersifs jouent un rôle d'ouverture (confort d'usage, interactivité, capital d'accueil), mais l'ouverture sociale demeure conditionnée par la barrière tarifaire. À l'inverse, le musée classique, bien que moins cher, reste associé à un capital culturel « hérité », d'où une fréquentation socialement triée.

e. Notes méthodologiques et limites

Cette enquête est une première exploration portant sur un groupe de 120 personnes. Plutôt que de chercher à représenter tout le pays, nous essayons de déceler des tendances majeures qui mettent en évidence les liens sociaux et culturels avec les visites de musées, qu'ils soient classiques ou immersifs. Cette approche met l'accent sur la compréhension qualitative des données quantitatives : il s'agit de révéler des dynamiques sociales, des perceptions communes et des points de rupture autour des questions d'accessibilité et d'inclusion culturelle.

La diffusion du questionnaire s'est faite par le biais des réseaux sociaux et du bouche-à-oreille, ce qui peut entraîner un biais de sélection lors du choix des participants. Il est possible que la plupart des répondant.es connaissent déjà bien les outils numériques et les activités culturelles. Ce problème ne rend pas nos observations fausses, mais nous demande d'être prudents dans notre interprétation, en nous concentrant sur les tendances plutôt que sur les chiffres exacts.

La nature déclarative du questionnaire constitue également une limite à prendre en compte. Les réponses reposent sur les perceptions et ressentis individuels, exposés à des biais de désirabilité sociale, notamment en matière de légitimité culturelle ou d'attachement à certaines pratiques muséales jugées valorisantes. Ce biais est toutefois inhérent à la plupart des études de réception et ne compromet pas l'intérêt analytique de l'enquête, dès lors que les données sont interprétées de manière raisonnée.

Enfin, les tests d'association (χ^2) fournis dans le traitement statistique doivent être considérés comme indicateurs, non comme preuves statistiques au sens strict. Dans le cadre d'une démarche exploratoire, il convient de privilégier l'interprétation des effets de structure et de tendance, plutôt que l'inférence statistique rigide. Ces croisements ont avant tout pour fonction d'éclairer les liens possibles entre le capital culturel, la fréquentation muséale et la perception de l'inclusion, dans une perspective inspirée des travaux de Bourdieu sur la reproduction sociale des pratiques culturelles.

SECTION 4 : Analyse intégrée (triangulation quali–quanti)

4.1. Logique de triangulation

L’articulation entre les entretiens (TNMOC / Château du Vodou) et l’enquête (n=120) permet une validation convergente (lorsque les traces se recoupent) et une validation discriminante (lorsqu’elles s’opposent et révèlent des mécanismes sous-jacents). On lit ainsi les représentations et pratiques déclarées au prisme de rationalités institutionnelles et de contraintes techniques.

4.2. Convergences des données

C1 - L’immersion comme vecteur d’accessibilité et d’inclusion.

- *Quali.* Les deux institutions mobilisent la technologie pour « rapprocher » le public des contenus : médiation cognitive (TNMOC, IA, personnalisation, multimodalité) et médiation sensible (Château du Vodou, VR + audio binaural) afin d’abaisser les barrières de compréhension et d’engagement.
- *Quanti.* 53,1 % des répondant.es déclarent se sentir mieux accueilli.es / plus inclus.es en musées immersifs (MI).
→ Lecture. L’hypothèse d’un « capital d’accueil » propre aux musées immersifs est corroborée.

C2 - La centralité des contraintes matérielles et économiques.

- *Quali.* Les deux cas évoquent budget, maintenance, formation, soutien de partenaires ; le TNMOC ajoute une exigence d’IA “sobre” et éthique.
- *Quanti.* 47,9 % jugent le prix des MI comme un frein.
→ Lecture. Les limites économiques sont co-constituantes de l’expérience immersive (offre et demande).

C3 - La cohérence entre positionnement muséal et choix techno-narratifs.

- *Quali.* TNMOC (mission éducative) → *vulgarisation personnalisée* ; Château du Vodou (patrimoine immatériel) → *immersion rituelle respectueuse*.
- *Quanti.* Les MI sont perçus comme différents des musées classiques (plus d’inclusion ; classicité jugée élitiste par 53,1 %).

→ Lecture. Les dispositifs servent la proposition de valeur spécifique de chaque musée.

C4 - Un élargissement réel mais graduel des publics.

- *Quali.* Volonté d'« ouvrir » à des publics non spécialistes, âgés, neurodivergents (TNMOC) ; médiation non stigmatisante (Château du Vodou).
- *Quant.* L'accès aux MI croît avec le capital scolaire, mais toutes les strates fréquentent (ex. « A déjà visité un MI » : 66,7 % CAP/BEP ; 42,9 % sans diplôme).

→ Lecture. Ouverture sociale oui, mais gradient persistant (cf. Bourdieu).

4.3. Ruptures / contradictions (points de disjonction)

R1 - Inclusion perçue vs barrière tarifaire.

- *Quant.* L'inclusion ressentie (53,1 %) coexiste avec un prix frein (47,9 %), surtout chez les étudiant.es (jusqu'à 66,7 %).
- *Quali.* Les deux institutions reconnaissent le coût comme limite opérationnelle.
→ Contradiction structurante. Plus d'inclusion symbolique, inclusion économique conditionnelle.

R2 - « Musées classiques moins chers » vs « image élitiste ».

- *Quant.* 70,1 % trouvent les classiques plus abordables, 53,1 % les jugent élitistes.
→ Paradoxe. Prix ≠ seul déterminant de l'accessibilité : l'habitus et les codes de légitimité façonnent la fréquentation.

R3 - Deux philosophies de l'immersion (cognitif vs sensible).

- *Quali.* TNMOC : médiation cognitive et mesurabilité (KPI d'usage/satisfaction) ; Château du Vodou : médiation sensible/spirituelle, prudence sur la “techno-finalité”.
→ Tension productive. *Explication* vs *expérimentation* ; *évaluation instrumentée* vs *éthique curatoriale*.

R4 - Déclaration de frein vs renoncement déclaré ≈ 0 %.

- *Quant.* Le frein au prix est majoritaire, mais le renoncement effectif déclaré à cause du prix est quasi nul.
→ Hypothèses. Effet de biais de désirabilité/formulation ; substitutions (choix d'autres

loisirs) non captées ; échantillon plus solvable que la moyenne. À investiguer via des questions ouvertes ou un journal de choix budgétaires.

R5 - Capacité d'innovation : public/partenariats stables vs privé/partenariats ponctuels.

- *Quali*. TNMOC (partenaire techno-structuré, version 1) vs Château du Vodou (coalition de partenaires, coûts/maintenance).
→ Effet sur la soutenabilité : cadence d'itération, mises à jour, accessibilité universelle inégale.

R6 - Standard techno et obsolescence.

- *Quali*. VR 2019 (smartphone + Oculus) côté Château du Vodou vs pile IA multi-modules au TNMOC.
→ Risque de décrochage de l'expérience si la maintenance / mise à niveau n'est pas soutenable.

4.3. Tableau de synthèse : convergence et rupture

Axe	Convergences	Ruptures / contradictions
Finalités	Inclusion, démocratisation, médiation augmentée	Inclusion ressentie vs frein économique (prix)
Publics	Élargissement réel	Gradient social persistant (capital scolaire)
Économie	Contraintes budgétaires partagées	Modèles de partenariats et soutenabilité différents
Technologie	Outil au service d'un projet muséal	Cognitif/mesurable (IA) vs sensible/rituel (VR) ; obsolescence VR
Représentations	MI perçus plus accueillants	Musées classiques perçus élitistes malgré tarifs plus bas
Comportements	Forte curiosité pour MI	Frein prix élevé mais renoncement déclaré ≈ 0 % (incohérence à creuser)

4.4. Interprétation intégrée

1. Accessibilité à deux vitesses. Les musées immersifs désacralisent l'accès au savoir (ergonomie, narration, multimodalité), mais resacralisent l'accès par le prix.
2. Alignement mission-médium. Les stratégies immersives collent aux ADN muséaux (science ↔ IA pédagogique ; patrimoine immatériel ↔ VR sensorielle), ce qui renforce la légitimité perçue.
3. Soutenabilité comme condition d'inclusion. Sans modèles économiques/partenariaux robustes, l'inclusion par la technologie s'érode (maintenance, mise à jour, médiation humaine).

4.5. Pistes opérationnelles : réconciliation des tensions

- Tarification différenciée et sociale. Pass solidaires (étudiant.es, demandeur.euses d'emploi), créneaux « prix libre » ; tester A/B l'effet sur la composition des publics.
- Accessibilité universelle par le design. Poursuivre multimodalité (texte simplifié, audio, sous-titrage, contrastes, guidage).
- Hybridation des médiations. Associer des capsules explicatives (cognitives) à l'expérience VR (sensible) → *double porte d'entrée* (tête et corps).
- Évaluation continue. Définir un cadre d'indicateurs partagé : accès (taux de publics éloignés), inclusion ressentie, élasticité au prix, rétention, compréhension.
- Stratégie d'équipement. Plan de cycle de vie (VR) + roadmap d'itération (IA), mutualisation régionale des achats/maintenance, coopérations avec des laboratoires/universités.
- Médiation humaine renforcée. Formation à l'accueil inclusif, à la mise en contexte des rituels, accompagnement des publics neurodivergents et âgés.

4.6. Limites et prolongements méthodologiques

- Biais d'échantillon (diffusion réseaux) et désirabilité sociale sur déclaratif.
- Incohérences de prix / renoncement à explorer par des entretiens complémentaires.

- Tests χ^2 à considérer comme indicateurs (exploratoires), non preuve d'inférence stricte.

4.7. CONCLUSION DE LA SECTION

Les deux cas confirment que l'immersion accroît l'hospitalité muséale et reconfigure la médiation. La contradiction pivot, inclusion symbolique vs barrière tarifaire, n'invalidé pas la promesse des musées immersifs, elle en relocalise le défi sur la soutenabilité (économique, technique, humaine). En assumant une hybridation des médiations et une politique de prix inclusive, les musées immersifs peuvent réellement déplacer la reproduction sociale des pratiques, au-delà du seul effet de nouveauté technologique.

Pour aller plus loin dans l'interprétation, nous allons aborder la quatrième partie de notre thèse, qui aborde les discussions et les perspectives de cette recherche.

PARTIE IV - DISCUSSION ET PERSPECTIVES

SECTION 1 : Transmission des connaissances et des savoirs : la dimension sociale et nos responsabilités

1.1. Inégalités sociales, territoriales et symboliques : vers une justice épistémique

Nous nous penchons sur la manière dont les institutions, historiquement ancrées dans des logiques de pouvoir, peuvent se transformer en espaces d'hospitalité au sens de Beghtol (2000 ; 2002) et Le Blanc (2018), de médiation inclusive (Molinier, 2021 ; Piquerez, 2024), de réparation symbolique (Robinson-Sweet, 2018 ; Sutherland, 2017) et de co-production des savoirs (Fiorini, 2013) tout en prenant appui sur nos résultats de méthodologie. Dans un monde où les inégalités sociales, territoriales et symboliques ne cessent de croître, les musées, qui ont souvent été perçus comme des lieux de conservation du patrimoine tenant un discours neutre et ayant pour objectif principal de diffuser le savoir (Bourdieu, 1972), sont aujourd'hui remis en question. En effet, les musées sont censés offrir un accès équitable au savoir, alors que leur symbolique les cloisonne de manière à ne répondre qu'à des catégories précises de visiteurs ayant des connaissances affûtées ou une appétence naturelle liée à leur contexte social (Bourdieu, 1972). Aujourd'hui, avec l'intégration du numérique, nous observons une ouverture, bien que minime, pour une diversité de publics, avec ou sans contexte social, pouvant faciliter l'accès à l'information propre à ces institutions. Ainsi, l'utilisation des technologies nous pousse vers un nouveau contexte d'égalité pour accéder à l'information. La question se pose alors : quels savoirs, produits par qui, pour qui, sont rendus visibles ou exclus dans le musée ?

Loin de se résumer à une fonction de conservatoire des savoirs, les musées sont aujourd'hui reconnus comme des acteurs sociaux et politiques, susceptibles d'intervenir tant dans des dynamiques de reconnaissance que dans celles d'exclusion ou d'émancipation. Il en découle la problématique de leur responsabilité dans la construction d'une justice épistémique (Santos, 2016), entendue au sens d'une justice qui ne se limite pas à une égalité d'accès aux biens culturels, mais qui interroge davantage l'équité, qui pose la question de qui a le droit de connaître, apprendre, raconter, transmettre, s'exprimer voire d'être écouté.

« Considérer les musées immersifs comme des rituels sociaux contemporains » nous permet de relier nos deux volets de résultats à notre cadre sociologique et à l'exigence de justice épistémique. Les dispositifs ne sont pas simplement des canaux d'information, ils mettent en place des parcours sensoriels, recentrant l'attention et codent les émotions, de sorte qu'ils

produisent une forme d'appartenance plus ou moins inclusive. De ce point de vue, nos entretiens et notre enquête chiffrée convergent avec l'hypothèse d'une médiation qui distribue la capacité de voir, de comprendre et d'éprouver, plutôt que de l'égaliser d'emblée. L'expérience immersive agit comme une scénographie de la reconnaissance. Elle rend certains contenus immédiatement recevables et en laisse d'autres sous réserve de compétences préalables, tout en remplaçant le musée dans son rôle d'acteur social et politique, et non plus celui de simple conservatoire neutre.

Le TNMOC incarne la face cognitive de cette pratique cérémonielle. L'application de l'IA y promet une intelligibilité personnalisée des savoirs techniques, autrement dit, il s'agit d'une médiation qui prend en considération les différences de bagage intellectuel entre les personnes et utilise divers moyens pour en atténuer les conséquences... Cette posture rejoint notre lecture bourdieusienne : l'institution sait que la distinction se joue dans les codes et cherche à en réduire le seuil d'entrée. Elle y parvient en orchestrant subtilement les parcours et les émotions (avatar-guide, choix de langues, voix off) qui relèvent de la maîtrise de l'attention telle que décrite par notre cadre. L'accessibilité se matérialise par une mise en scène technico-narrative qui, tout en ouvrant des portes, prescrit aussi des manières de regarder, d'écouter et de comprendre. En ce sens, l'immersion devient un levier d'équité si elle est explicitement pensée comme une politique de redistribution de l'attention et des clés d'interprétation.

À l'inverse, le Château du Vodou illustre la face sensible et symbolique de la cérémonie (au sens de pratiques vivantes dans le cadre du dispositif). La VR binaurale plonge le visiteur dans un rituel dont la puissance émotionnelle tient à la maîtrise du son, de l'obscurité et de l'angle de vue. Ici, l'inclusion ne passe pas d'abord par la traduction cognitive des contenus, mais par une participation affective mesurée. Ce choix confirme notre thèse : l'immersion ne vise pas à gommer les différences, mais plutôt à guider notre perception et nos émotions afin de rendre accessibles des pratiques souvent perçues comme exotiques. Elle nous permet de partager ces expériences tout en reconnaissant que la compréhension complète demeure ancrée dans un contexte spécifique. Cette approche s'appuie sur le rôle des médiateurs et sur une vigilance éthique quant aux finalités technologiques. Conçue comme une cérémonie respectueuse, l'expérience rend possible une rencontre sans la réduire, elle n'abolit pas pour autant la nécessité d'un capital d'interprétation. Elle nous rappelle que la responsabilité muséale, à l'heure des enjeux de décolonisation et d'inclusion des patrimoines immatériels, consiste à ouvrir des cadres de compréhension sans confisquer la parole.

Nos données quantitatives redistribuent ces constats à l'échelle des publics. Le fait que plus de la moitié des répondants se sentent davantage inclus dans les musées immersifs confirme l'existence d'un capital d'accueil propre aux cérémonies immersives : ergonomie, interactivité, un adressage non stigmatisant. La différence sociale dans la fréquentation des musées demeure pourtant marquée selon le niveau d'éducation, confirmant que l'envie et les compétences ne vont pas nécessairement de pair. Les initiatives culturelles peuvent certes éveiller l'intérêt, créer un déclic, rendre le langage plus accessible, mais elles ne suffisent pas à effacer les habitudes de visite ni à développer la capacité à décrypter les œuvres et à en apprécier la valeur relative. En ce sens, nos chiffres ne contredisent pas notre approche sociologique, ils montrent plutôt comment l'immersion déplace la frontière de l'accès, sans l'effacer, et comment l'égalité d'accès affichée doit être complétée par une équité d'attention et de reconnaissance, cœur de la justice épistémique. Le prix cristallise la dimension politique de la cérémonie. L'inclusion ressentie coexiste avec une barrière tarifaire fortement ressentie, surtout chez les étudiants. Nous mettons à jour une accessibilité à deux vitesses : la scénographie abaisse les coûts symboliques d'entrée, tandis que l'économie liée à l'équipement et à la maintenance réduit une barrière pécuniaire. Il est surprenant de constater que peu de personnes déclarent renoncer à leurs loisirs, malgré le frein que représente le prix. Cette apparente contradiction s'explique par plusieurs facteurs : la composition de notre échantillon d'étude, l'influence des normes sociales, mais surtout le fait que les renoncements prennent d'autres formes. Plutôt que d'abandonner complètement leurs activités, les personnes optent pour des solutions alternatives : elles substituent certains loisirs à d'autres, reportent leurs sorties à plus tard, ou patientent jusqu'à trouver des offres promotionnelles. Ce résultat n'invalide pas notre cadre, il en illustre la finesse : l'exclusion peut se camoufler dans des arbitrages budgétaires discrets au sein d'une cérémonie (métaphore sociologique que nous employons pour décrire l'expérience muséale elle-même) qui se présente comme accueillante. C'est ici que la responsabilité sociale des musées (tarification différenciée, partenariats, médiation humaine) rejoint leur responsabilité politique en matière d'équité et de représentativité.

Ouvert en 2018, l'Atelier des Lumières a commencé ses activités avec Gustav Klimt Gold in Motion, qui projetait des images et des sons à 360 degrés dans une ancienne usine. Cette mise en scène attire un très large public, mais elle a soulevé des questions : est-ce trop spectaculaire ? Le rythme est-il adapté à tous ? et l'attention est-elle suffisante (on regarde moins, on est plus immergé) ? et enfin, la question fatidique à laquelle notre méthodologie répond : les prix sont-ils justes et abordables ?

Les critiques récentes des expositions immersives Van Gogh (prix d'entrée : 20,90 euros + 3 euros pour la VR) mettent également en évidence ces tensions. D'un côté, ces expositions rendent le savoir de l'art plus accessible et offrent une expérience agréable ; de l'autre, on les soupçonne de n'être qu'un moyen de gagner de l'argent facile et de simplifier les œuvres. Effectivement, pour aller plus loin dans la visite et utiliser la réalité virtuelle, il faut payer davantage. En parallèle, à travers une observation participante de l'exposition Harry Potter (prix d'entrée : 36 euros) qui s'est déroulée à Paris, nous avons pu constater et ressentir l'appât du gain financier. En effet, le traitement à la chaîne que nous avons subi durant la visite a complètement dénaturé l'objectif premier : apprendre en s'amusant, découvrir en touchant les objets, échanger, comprendre, participer, etc. L'esprit pécuniaire était fortement présent et cela a entravé l'objectif de visite des participants.

Concernant le cas du musée immersif Éternelle Notre-Dame, qui propose une visite en réalité virtuelle d'environ 42 à 45 minutes (prix d'entrée : 20 euros), permettant de voyager à travers les siècles de la cathédrale et d'accéder à des endroits normalement fermés au public. Ce projet, réalisé avec la ville, le diocèse et l'organisme chargé des travaux, se veut fidèle à l'histoire et à l'architecture (avec des experts) et a une mission sociale : maintenir vivant un symbole national, soutenir l'éducation et prolonger l'engagement grâce à des contenus partagés. Son intérêt pour les musées réside dans le lien entre l'information et l'émotion, la qualité des documents utilisés (plans et archives) et la clarté du processus (la manière dont les modèles ont été créés). Nous avons également repéré plusieurs problèmes : l'accessibilité financière et l'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite (pour le site du Parvis). Cela questionne la réelle accessibilité des musées immersifs, puisqu'ils paraissent onéreux face à leurs prédécesseurs. Ce qui les renvoie à cette image symbolique et élitiste de ce que nous nommons « cérémonie », c'est-à-dire, de manière métaphorique et sociologique, et non religieuse, une mise en scène sociale et ritualisée de la culture, où le public adopte des comportements codifiés, notamment en termes d'argent. Réaliser des visites immersives permet de montrer ou de prouver que nous avons les moyens financiers de nous cultiver autrement. Ce qui est contraire à la base même du dispositif. D'ailleurs, ce paradoxe s'inscrit également dans celui de leurs prédécesseurs, les musées classiques, qui ouvrent la culture à tous les publics mais qui, en réalité, gardent le savoir codifié aux seules personnes initiées.

Nos deux études de cas éclairent enfin la manière dont ces cérémonies sont régies. Au TNMOC, l'utilisation d'indicateurs de fréquentation et de satisfaction révèle une approche guidée par les

données : ce qui est transmis va au-delà du simple savoir, il s'agit d'une forme d'attention soigneusement ajustée et pilotée. Cette méthode pourrait véritablement favoriser l'équité, à condition que les critères retenus prennent réellement en compte l'accès des publics les plus éloignés. Quant au Château du Vodou, la vigilance éthique et la médiation humaine rappellent avec force que la puissance de l'immersion nécessite des garde-fous solides. Il s'agit d'éviter que le sacré ne devienne un simple spectacle et de garantir la reconnaissance des voix concernées. Ainsi, dans les deux situations, nos entretiens le confirment : l'inclusion ne saurait être considérée comme un simple supplément. Elle doit constituer un principe fondamental dans la conception même, qu'il s'agisse de la tarification, du choix de technologies sobres ou des modalités d'accompagnement. Sans cette approche intégrée, la cérémonie risquerait malheureusement de reproduire les inégalités qu'elle prétend réduire.

Nos résultats n'infirment pas notre cadre théorique, ils l'affinent en montrant comment les musées immersifs reconfigurent la distribution sociale de l'attention et de l'émotion à l'ère d'un musée acteur de transformation sociale. Oui, ces dispositifs ouvrent des brèches dans la logique élitiste en ouvrant un peu plus leurs portes, non, ils n'effacent pas les inégalités de compétences ni les contraintes économiques. Pensée comme une mise en scène rituelle, l'immersion apparaît ainsi comme un opérateur ambivalent qui démocratise par la forme tout en requérant, pour tenir ses promesses, des choix politiques explicites en matière de prix, de médiation humaine, de décolonisation des regards et de soutenabilité technique. C'est précisément dans cette tension, entre hospitalité accrue et reproduction possible, que se joue notre responsabilité collective : faire du musée immersif non seulement un lieu où l'on vient voir, mais aussi un espace où l'on apprend ensemble à reconnaître, écouter et partager des savoirs pluriels.

Nombreux sont les facteurs tel que la décolonisation des collections, l'inclusion des patrimoines immatériels et naturels, l'engagement civique, la justice sociale, ainsi que la place de certaines communautés qui contribuent à changer la donne pour les musées. Les musées ne peuvent plus se penser comme des sanctuaires de la neutralité conservatrice, ils doivent considérer leurs responsabilités sociétales et politiques, notamment en matière de diversité culturelle et d'inclusion. Aujourd'hui, nous constatons une implication de tous les acteurs, que ce soit des publics ou le musée lui-même, dans la co-construction de l'espace. Le tournant du musée du XXI^e siècle est en train de s'opérer, il n'est plus simplement considéré comme un lieu de savoir,

mais comme un levier de transformation sociale (Baujard, 2019), acteur des débats de son temps sur l'équité, la représentativité et la mémoire collective. Les musées repensent l'inclusion sociale et les responsabilités des politiques sociales intégrant une dimension numérique. Comme nous le rappelle Van Geert (2024), les musées ont été de tout temps des institutions qui ont œuvré, d'une part, à une ouverture à tous (notamment à des publics minoritaires) et, d'autre part, à une transmission de savoirs dans une démarche élitiste. Et, pour beaucoup, ces deux fonctions restent en tension aujourd'hui. Ainsi, nous pouvons repérer une double opposition qui, d'une part, confronte ceux qui estiment que la fonction principale du musée est d'être au service des collections et ceux qui pensent qu'elle est d'être au service des visiteurs et, d'autre part, oppose ceux qui défendent le rôle scientifique premier principal du musée à celui de l'accueil et de l'éducation des publics. Ces différentes tensions, présentes depuis le XIX^e siècle, se retrouvent dans les débats de la « *nouvelle muséologie* » des années 1970, ainsi que dans les prises de position des musées communautaires nord-américains et des écomusées en France (Van Geert, 2024). Les visiteurs des musées pratiquant l'art pour l'art restent très largement issus des classes moyennes et supérieures, malgré tous les discours actuels d'ouverture (Bourdieu, 1972). Dans d'autres institutions (comme le scolaire), un phénomène comparable est remarqué : les institutions de la République socialisent à l'égalité mais enseignent en produisant des inégalités, en invisibilisant les déterminants sociaux de l'accès à la culture. La participation des musées à la co-construction des savoirs patrimoniaux reste largement limitée à des publics dits fragiles ou minoritaires, sans transformation structurelle du pouvoir décisionnel dans l'institution. Ces tentatives, bien que sincères, restent souvent à l'état de projet ou d'exception, faute de ressources, de formation ou de volonté politique. Ainsi, la justice peut être envisagée non seulement comme une répartition de biens, mais aussi comme reconnaissance des besoins et des fragilités de chacun. Le musée peut-il être un vecteur de cette reconnaissance, au-delà de la stricte égalité de traitement ? C'est tout l'enjeu des approches par les « *capabilités* » ou par la « *justice discursive* » (Koren, 2023 ; Bourdon, 2020) qui posent la question de la transformation des institutions en des institutions capacitanes, c'est-à-dire qui permettent aux individus de mobiliser leurs ressources dans des environnements justes. Par extension, la thématique du handicap et de la citoyenneté peut s'analyser à travers les paradigmes qui déterminent la manière dont la société considère les personnes handicapées. Si les personnes porteuses de handicap sont d'abord identifiées à travers un prisme médical où le handicap est perçu comme une altération de la norme, la tendance des politiques publiques est de converger vers un modèle de l'inclusion où la différence et la diversité deviennent des composantes naturelles du vivre-ensemble. Divers auteurs accordent une grande part de la

stigmatisation des personnes en situation de handicap aux traits de l'« *outsider* » (Becker, 1963), à cause du terrain social qui les considère comme des personnes déviantes et marginalisées.

Le basculement vers un modèle psychosocial et pluridisciplinaire demande à l'ensemble de la société, de la collectivité, des pouvoirs publics et des institutions partenaires de ne plus considérer les personnes en situation de handicap comme des bénéficiaires d'une forme d'assistance, mais d'œuvrer à leur autonomie et à leur autodétermination. Cela implique que les institutions, telles que les musées, participent de manière plus démocratique et consentent à une réelle participation des individus. Sur le plan politique et éthique, il semble que les modèles de la justice classique, comme celui de John Rawls (1971), aient des difficultés à prévoir la place des personnes handicapées qu'ils intègrent. En effet, ils reposent sur le portrait-type de l'homme libre et moralement responsable. En revanche, la vulnérabilité se situe comme l'une des « *capabilités* » fondamentales de l'homme et considère qu'il convient d'en prendre particulièrement soin. L'enjeu d'une citoyenneté inclusive nous paraît désormais être celui de cette refondation des institutions et des normes, de nos pratiques et de nos représentations, afin de construire une société plus inclusive mais également de reconnaître la parole des personnes concernées comme un des fondements d'une justice sociale réellement démocratique. Cela nous mène à voir que la sensibilité muséologique inciterait à repenser les fonctions muséales : oser les voix minoritaires, interroger les canons de l'art, favoriser l'émancipation des communautés par leur gouvernance. Il ne s'agirait plus mécaniquement au musée de diffuser, mais il faudrait aussi repenser ses fondations épistémiques en y mêlant d'autres savoirs, vécus et mémoires, ce que l'on retrouve dans le musée immersif.

Si on s'appuie sur la notion de justice épistémique (Fricker, 2007), on peut comprendre que les musées sont des lieux de transmission, mais aussi des lieux où certains savoirs sont érigés en référence. Cette justice prétend à deux choses :

- **La justice testimoniale** : elle permet de reconnaître la parole et le témoignage des personnes marginalisées comme ayant du crédit et étant valides.
- **La justice herméneutique** : elle met à disposition des personnes un certain nombre de ressources, symboliques ou matérielles, pour qu'il soit possible de comprendre une expérience donnée et de la communiquer dans l'espace public

Dans les musées, cela requiert de déconstruire les récits dominants, de réinventer les parcours de collection, d'imaginer de nouvelles formes de médiation qui ne reproduisent pas les formes d'exclusion symbolique. Il ne s'agit pas seulement de diversifier les expositions, mais de transformer les cadres de connaissances dans lesquels elles existent. Responsable de la transmission des savoirs dans la société de connaissance, le musée est aujourd'hui devenu impossible à penser sans justice sociale et dite épistémique.

Si l'on s'inspire des idées d'Etienne Déotte, le musée « *lieu de savoir* » est aussi un musée « *lieu de justice* ». Le musée « *lieu de savoir* » constitue un espace d'objectivation, un lieu de conservation et de mise à distance des choses, tandis que le musée « *lieu de justice* » est une institution qui assume une responsabilité sociale et épistémique. Par-delà son rôle de transmission, le musée fut et demeure un « *appareil* », qui institue une sensibilité et des jugements esthétiques, qui soustrait les objets à leurs fonctions culturelles ou politiques, et qui institue le sujet du jugement esthétique public. Dès lors, l'institution a toujours été normative, elle a toujours produit des catégories, des régimes de visibilité, des hiérarchies sensibles. L'une des évolutions du siècle est peut-être que l'on ne peut plus désormais faire abstraction de la normativité du musée, tout en changeant son horizon du beau au juste : l'« *œuvre* » devient à ce point imbriquée dans la voix (qui parle ? au nom de qui ? Et pour qui ?) et dans les conditions d'énonciation (qui comprend ? avec quelles ressources herméneutiques ?) (Déotte, 2011).

Le changement mis en lumière par l'ICOFOM1 (Chung et al., 2019) met bien en évidence cette étape importante. Il ne s'agit pas simplement d'ajouter une dimension éthique à un modèle ancien demeuré inchangé : cette évolution touche à ce qui définit l'institution elle-même. La discussion à l'ICOM (Conseil international des musées) en 2019, étudiée par Robinson (2021), le prouve : passer de la conservation à la justice sociale et à l'action citoyenne n'est pas juste une question de mots, cela modifie l'organisation juridique, financière et symbolique du musée. Les modifications proposées lors de cette réunion visaient à changer l'orientation de la définition actuelle au moment des faits, qui mettait l'accent sur la collecte, la conservation et l'accès au patrimoine de l'humanité, afin de se concentrer davantage sur la justice sociale, la sensibilisation à l'environnement et la défense des droits politiques. La définition suggérée lors de cette conférence aurait été considérée comme politisée et insuffisamment représentative. Un écart significatif s'est alors creusé entre les attentes exprimées et ce qui était jugé

institutionnellement acceptable, tant la proposition paraissait éloignée des réalités professionnelles et organisationnelles. Cette divergence a mis en lumière une crise de direction et de crédibilité au sein de l'ICOM, conduisant à une remise en question profonde de l'institution, (Robinson, 2021). Cette tension nous rappelle que l'ouverture de la culture à tous n'est possible que si elle se traduit par une manière de diriger où le pouvoir est partagé : donner la parole à plus de monde, inclure les cultures immatérielles et les peuples autochtones, encourager la participation réelle, et reconnaître les minorités. Les études s'accordent à dire que la participation ne doit pas se réduire à un simple effet de langage, mais une façon de co-crée de la connaissance patrimoniale. En recontextualisant les musées dans leur parcours historique, on constate le rejet de la démocratie directe au profit d'une culture citoyenne participative. Les musées ont cherché à reconnaître les compétences des personnes ordinaires comme des acteurs importants du patrimoine.

Pour aller plus loin, la classification allant de l'information à la création conjointe, montre que la démocratie culturelle ne se limite pas à l'accès au contenu, mais aussi à la possibilité de décider de ce contenu, c'est-à-dire, choisir les sujets, collecter des informations, concevoir les expositions, rédiger les panneaux explicatifs, animer les visites et évaluer les résultats (Delarge, 2016).

Guiyot-Corteville (2013) conteste cette idée selon laquelle l'animation est par nature un échange et nécessite de reconnaître les compétences des visiteurs et la participation, et cela ôte au musée son rôle unique de porte-parole. Lorsque des institutions comme le Rize ou l'Écomusée du Fier Monde confient des parties de l'exposition aux habitants, elles ne se contentent pas de leur demander leur avis, elles changent la limite entre savoir spécialisé et expérience vécue. Ce changement demande des efforts (temps, argent, formation), mais transforme le musée en un lieu de savoirs en action. La véritable problématique ne réside pas seulement dans la manière dont cela est mis en œuvre, mais également dans notre rapport à la connaissance. La co-crée soulève plusieurs points : des manières d'argumenter, des stratégies de légitimation, des principes fondamentaux, des idées majeures, des modes de discours, des registres de langage (Doury, 2002 ; Koren via Marchandeu Berreby, 2020 ; Bourdon, 2020) qui vont au-delà du simple choix des œuvres. L'idée de Koren selon laquelle le bien se construit dans un espace de délibération sur ce qui est préférable, établit un lien entre la culture pour tous et une éthique du dialogue. On ne peut pas inclure sans dire clairement ce que l'on pense ; on ne peut pas participer

sans expliquer à l'autre (Soulet, 2007 ; Koren, 2023) ; on ne peut pas avoir de justice sans faire les bons ajustements locaux.

Parler d'inclusion sans penser aux représentations et aux modes de pensée du visiteur revient à accentuer les inégalités. Kelly et Orsini (2021) avancent l'idée que les œuvres réalisées par des artistes handicapés, sourds ou « *fous* » influencent notre perception et la manière dont le musée les juge. Les sentiments ont leur importance puisqu'ils modifient la valeur, non pas comme une mesure, mais comme une force qui transforme et fait reconnaître. Repenser l'accès, c'est penser plus grand. En effet, ce ne sont pas seulement des améliorations techniques ajoutées, mais des situations qui rendent les marginaux dignes et visibles. Le cas des musées immersifs qui intègrent une co-construction et une participation des visiteurs fait émerger cette idée d'échange, de renouveau et d'inclusion.

Molinier (2021) va plus loin dans la réflexion en formulant l'hypothèse selon laquelle le musée doit être pensé pour un public universel, ce qui implique de solliciter et d'inclure les publics dès le début, en réfléchissant à la manière dont les choses sont réalisées en amont (sensations, simplicité, histoires, temps long), et non comme un ajout en aval. La co-création entre les créateurs d'expositions, les médiateurs et les publics diversifiés transforme le rôle de chacun. Le résultat ne relève pas d'une simple pédagogie, mais d'une véritable participation à la culture, où la diversité des pensées n'est plus seulement tolérée, mais pleinement intégrée à l'institution muséale.

La question du corps, à la fois physique et psychique, engage des dimensions essentielles de la vie (Berrewaerts et al., 2016) : la sexualité, l'intimité, la place dans la société. Lorsque le lieu muséal se veut accueillant (Le Blanc, 2018), il met de côté les catégories sociales de classement, telles que « immigré » ou « migrant », pour devenir un espace où les personnes en situation de fragilité peuvent faire entendre leur histoire. Le musée se transforme alors en un lieu critique, capable d'interroger les mécanismes mêmes de classification. Cette hospitalité n'est pas une simple posture morale, elle implique une transformation de notre rapport à la connaissance, de ce qui est jugé digne d'être connu, dit, inscrit ou montré.

La justice dans la manière de connaître s'exprime également dans la manière de se souvenir. Caswell et Cifor (2016) invitent à dépasser les règles juridiques, nécessaires mais générales, au profit d'une approche fondée sur le « *care* », c'est-à-dire l'attention portée aux autres. La personne qui gère les supports d'information (qu'il s'agisse d'archives ou d'expositions) n'est jamais neutre, elle occupe une position relationnelle, liée à celles et ceux qui créent, aux sujets

représentés, aux publics et aux communautés concernées. L'empathie radicale ne relève pas d'un simple sentiment individuel. Elle constitue une véritable éthique de la description, de la collecte et de l'accès, permettant aux personnes marginalisées d'être pleinement incluses dans le champ mémoriel (Caswell et Cifor, 2016).

Lors de la création et de l'installation de musées immersifs, les musées se basent sur une nouvelle interprétation précise de l'histoire des travaux et des objets exposés. Cette approche dépend de l'utilisation de nombreuses sources divers et variées, telles que des documents d'archives, des récits du passé et des images, qui contribuent à restituer l'époque, la culture et la société dans lesquelles ces objets ont été conçus et utilisés. Robinson-Sweet (2018) et Sutherland (2017) pointent le problème principal : le fait que certains supports informationnels tels que les archives ne mentionnent aucunement la violence liée à la couleur de peau par exemple, octroie aux grandes institutions une sorte de pardon et des non-dits sur la réalité du contexte. La solution est de collecter de vrais témoignages, de mettre ce sujet en lumière différemment, de permettre à tout le monde d'y accéder et d'aider les groupes qui souhaitent conserver une mémoire. À titre d'exemple pour illustrer nos propos, le musée immersif sur les traces de l'esclavage, le *Legacy Museum*, qui se trouve à Montgomery (Alabama), est un exemple concret de dispositif immersif bâti sur un ancien lieu de stockage du coton où des esclaves étaient obligés de travailler, il offre une découverte de l'injustice raciale aux États-Unis à travers le temps. Les visiteurs revivent l'histoire en passant par différentes périodes, du commerce des esclaves à l'emprisonnement de masse. Et cela est possible grâce aux outils interactifs, aux récits personnels, aux expositions foisonnantes d'informations et aux œuvres d'art. L'expérience est faite pour être à la fois prenante, éducative et touchante. Le but est aussi d'interpeller sur certaines réalités sociales.

En complément, l'exposition *Beloved Suburbs* ou *Banlieues bien-aimées*, présentée au Palais de la Porte Dorée à Paris (2025), est une installation d'immersion partielle. Elle relate l'histoire des banlieues françaises souvent mal vues, à l'aide d'archives, d'œuvres d'art et de témoignages. Elle propose une découverte de la richesse culturelle de ces lieux, en remettant en cause les idées reçues et en montrant leur importance dans l'histoire de la société française d'aujourd'hui.

Pour aller plus loin dans l'importance des témoignages et de la participation des visiteurs, Dansereau (2021) explique pour ce qui est du Québec, que les mœurs de l'époque où le pays était une colonie (les mots utilisés, les lois, les idées importantes) sont toujours présentes dans les bases de données, pour que cela change et évolue, il faut que les peuples autochtones aient le contrôle de leurs documents et que les idées importantes soient traduites (comme le dit Santos

en 2016) dans la manière dont on décrit et structure les informations au sein des environnements numériques. Ainsi, les archives et les musées sont directement liés, il est nécessaire de repenser les modes de présentation afin que chacun soit traité équitablement.

Le changement doit aussi être enclenché par l'utilisation de la technologie. Deloche (2016) pense que numériser les collections modifie notre vision. La mise en base de données efface la dimension singulière de l'objet en le ramenant à un ensemble de propriétés techniques consignées dans une fiche descriptive. Lorsque l'objet est numérisé, il ne devient qu'une image et des caractéristiques descriptives (date, auteur, matériau, taille, provenance, etc.), transformant ainsi l'objet porteur d'histoire en données numériques. Ce mode de pensée change l'importance du musée : il passe du statut de lieu de conservation à celui de lieu de travail en réseau, d'un récipient à une plateforme de connaissances. Juanals (s.d.) soutient que le musée est un lieu ouvert où se rencontrent le réel, les outils numériques, les réseaux sociaux, les données ouvertes et où les gens co-crésent du sens (Juanals, s.d.).

Mais tout cela a un prix. De nouveaux acteurs, tels que les plateformes numériques, les cadres réglementaires émergents et les dispositifs techniques, redéfinissent les rapports d'autorité (qui décrit ? qui classe ? qui fait les liens ?). C'est pourquoi il est intéressant de mobiliser des approches hybrides qui intègrent innovation et inclusion : une intelligence artificielle facile à comprendre (Pisoni et al., 2021) qui permet d'adapter le langage, de créer des descriptions simples, de personnaliser sans cacher ; l'impression en 3D (Montusiewicz, et al., 2022) pour que l'on puisse interagir avec les objets, du braille pour permettre aux personnes non-voyantes de participer ; la réalité augmentée (Litvak et Kuflik, 2020) pour pousser l'expérience au-delà des murs ; les serious games intégrant la localisation (Volkmar et al., 2018) qui permettent de se replonger dans le lieu patrimonial en étant sur place. Ces technologies ne sont pas neutres, il faut pouvoir les créer avec la participation des gens (Pisoni et al., 2021) pour ne pas refaire, sous prétexte de nouveauté, des inégalités ou des erreurs de données. Afin que chacun trouve sa place dans la production du savoir, le numérique ne sert pas seulement à montrer, il élargit la possibilité à un plus grand nombre de personnes de s'exprimer, de témoigner et de démontrer. C'est à ce moment-là que la connaissance approfondie des documents et leur analyse prennent toute leur importance (Guimarães et al., 2025) puisqu'elle relie l'histoire des documents à la manière dont ils sont organisés et mobilisés, selon leurs modes de classement et de circulation, elle offre une lecture précieuse de la façon dont la connaissance s'organise et se structure en fonction de son contexte. À l'ère des humanités numériques, il faut absolument combiner cette réflexion avec la manière dont circulent les informations pour mettre en lumière le désordre

informationnel (absence de règles communes) et la domination de certaines idées (qui cachent certaines réalités).

Pour que les changements que nous abordons ne soient pas seulement superficiels, il est nécessaire qu'ils soient encadrés par des règles clairement définies. Renaut (2011) propose d'observer une différence entre les diversités, les inégalités et l'injustice. Dans un pays démocratique, toutes les formes d'inégalité ne sont pas nécessairement injustes, seules celles qui privent les individus de leurs droits fondamentaux doivent être combattues. Forsé (2011) montre, en comparant les valeurs jugées importantes par les individus, qu'il existe une hiérarchie entre les idées : les besoins, l'équité, et enfin l'égalité totale. Les muséologues qui questionnent les idées reçues peuvent être d'accord avec cela, il faut d'abord un accès à tous et pour tous au musée (besoins), en rendant le musée facile d'accès, accueillant, et en vulgarisant les savoirs scientifiques, puis il faut que ce soit juste (en reconnaissant que chacun apporte quelque chose de différent, par exemple en valorisant ce que savent les experts qui profitent des musées, comme l'ont dit Fontaine et d'autres auteurs (2016), et il faut le faire en prenant en compte l'égalité (ainsi, en évitant de créer des niveaux d'accès différents).

Rosanvallon (2011) offre une perspective politique en avançant l'idée que le mérite est le plus important, ce qui fait de l'égalité des chances une façon de justifier les différences entre les gens. Un musée qui baserait sa réussite uniquement sur ses résultats, nombre de visiteurs, durée de présence ou degré d'intérêt, reproduirait en réalité la même logique qu'il prétend dépasser. Duru-Bellat (2013), à propos du système institutionnel, montre que les modes d'évaluation traduisent toujours une norme implicite qui demande de mesurer et de définir ce qui est légitime. Ce constat nous invite à repenser les outils d'évaluation. Les musées ne devraient pas seulement comptabiliser les flux de visiteurs, mais aussi s'interroger sur la qualité de la reconnaissance : les publics se sentent-ils considérés ? participent-ils aux décisions ? contribuent-ils à la production des contenus (textes d'exposition, choix de thématiques) ? Les sources d'information sont-elles diversifiées ? L'accès est-il réellement facilité ? L'accueil, inclusif ? De même, il convient de mesurer le pouvoir du musée : permet-il aux individus de se sentir plus compétents, d'apprendre, de renforcer leur autonomie culturelle ? Enfin, un musée juste se mesure aussi à sa capacité à réparer les inégalités. En effet, ouvrir ses archives, restituer symboliquement certains objets, collaborer avec des groupes historiquement marginalisés, sont autant d'actions qui traduisent un engagement vers une justice épistémique et sociale réelle.

En ce qui concerne les valeurs, l'idée de Koren (que Marchandea Berreby a expliquée en 2020, et dont Bourdon a parlé en 2020) d'utiliser la raison pour choisir les valeurs rejoint la conception de la justice comme manière de percevoir et d'interpréter le monde. En effet, il ne s'agit pas d'opposer les émotions aux preuves, mais de reconnaître la valeur des explications issues de plusieurs horizons (modes), où la qualité d'un projet ne se réduit pas à des critères purement techniques. Soulet (2007) résume cette approche en affirmant qu'il faut à la fois agir avec justesse et être en mesure de justifier ses choix. Ainsi, s'adapter aux situations concrètes, tout en expliquant aux autres les raisons de ses décisions. C'est précisément le principe de ce que l'ICOM (2016) désigne comme « *démocratie culturelle et inclusion* » : non pas une posture morale, mais une manière de gouverner fondée sur la discussion, la reconnaissance et l'écoute. Cette approche suppose que les arguments, les interlocuteurs et les pratiques mêmes du dialogue deviennent des outils de gestion des désaccords, dans un cadre où l'on écoute, où l'on traduit les points de vue (Santos, 2016) et où l'on dépasse les différences symboliques pour construire un espace commun de sens.

Parler de justice sans tenir compte du contexte dans lequel elle s'applique revient à adopter une approche trop abstraite. Girault (2016) rappelle que les musées africains, créés durant la période coloniale, ont dû subir une transformation afin de répondre aux besoins et aux attentes des populations locales. La mise en place de bases de données illustre une manière innovante d'articuler conservation patrimoniale et développement, le patrimoine n'y est plus envisagé comme une finalité, mais plutôt comme un levier permettant de renforcer les liens sociaux et favoriser l'accès aux ressources. Cette prise en compte du territoire se retrouve également dans certaines démarches de planification culturelle, notamment à travers la conception de cartes sensorielles (Abd El-Hamid El-Sayyad, 2019), qui mobilisent les sons et les odeurs pour identifier un lieu et offrir aux habitants une expérience sensible de leur environnement.

Dans le domaine des médias, Mincke (2016) met en garde contre les effets d'une surcharge informationnelle, de la précarisation du travail et de la pensée uniforme, qui fragilisent l'esprit critique. Si le musée souhaite vraiment mettre en place un espace de débat avec le public, il doit alors proposer des temps de réflexion, des espaces de calme et fournir les outils nécessaires pour que chacun, en particulier les publics les moins entendus, puisse exprimer son expérience (Barrère, 2013). Dans la représentation, la justice ne se limite pas au contenu des expositions, elle intègre également les conditions médiatiques et économiques de leur production, qui devraient garantir la diversité des perspectives et engendrer une certaine réflexion critique.

À l'échelle internationale, Paquette (2015) met en évidence la manière dont les musées sont fréquemment mobilisés comme instruments de pouvoir dans l'influence culturelle, l'aménagement urbain ou l'architecture, tout en étant contraints de répondre à une double exigence : renforcer leur visibilité tout en demeurant accessibles à tous. Un risque persiste, celui d'une inclusion au rabais, une inclusion affichée mais dépourvue de moyens réels, où la responsabilité de l'ouverture repose finalement sur des communautés disposant de peu de ressources.

Pour dépasser cette impasse, une réhabilitation de la logique du don, non pas comme une forme de charité, mais comme un échange réciproque entre le musée et le public, doit être pensée. Le musée reçoit des savoirs et des contributions des communautés, leur offre en retour de la visibilité, des espaces, des moyens, et partage avec elles le pouvoir symbolique et la reconnaissance. Cette dynamique repose sur la création de liens sociaux plutôt que sur une simple logique comptable. Lorsque les publics sont en situation de fragilité psychologique ou cognitive, l'art dépasse la seule dimension thérapeutique, elle devient un moyen d'émancipation et de participation citoyenne. Certains auteurs interrogent ainsi la réception de l'art produit par des personnes en situation de neurodivergence. En effet, nous pouvons être amenés à nous demander si cet art est réellement reconnu pour sa valeur esthétique, ou seulement apprécié par bienveillance ? Pour que l'inclusion soit véritable, elle doit s'appuyer sur une reconnaissance publique concrète, à travers des scènes, des réseaux, des marchés et des instances critiques, qui permettent à chacun d'affirmer sa singularité dans des conditions d'égalité. Velasco et Triantafyllou (2018) illustrent cette idée à travers l'exemple de *Lucienne Forest*, en montrant comment les collaborations entre culture et santé (musées, opéras, institutions culturelles) ouvrent des passerelles vers la société : créer, coopérer, être reconnu. Ces actions ne remplacent pas les soins, mais les complètent en facilitant l'insertion sociale et la reconnaissance des individus au sein de la collectivité.

Ces actions s'appuient sur l'idée que chacun possède des capacités (Fontaine et al., 2016). Il s'agit de passer d'une vision des publics comme de simples utilisateurs à une reconnaissance de leur rôle d'experts. La justice ne réside pas uniquement dans l'accès à un service culturel standardisé, mais dans la co-construction d'environnements qui permettent à chacun de décider par lui-même et d'agir en sujet. Dans cette perspective, la participation impliquant les personnes concernées (Fiorini, 2013) ne constitue pas un simple complément démocratique, elle représente une manière de co-construire ensemble, de définir collectivement les problèmes, les

catégories et les solutions, autrement dit, de partager les cadres mêmes de compréhension du monde.

Enfin, pour que la justice soit effective, il est nécessaire de mettre en place une politique de traduction (Santos, 2016 ; Scheiner, 2016). Scheiner souligne que les musées privilégient souvent certaines langues, notamment le français et l'anglais, rendant ainsi invisibles d'autres langues, comme le portugais, l'espagnol ou l'arabe. Traduire ne consiste pas à universaliser un concept, mais à tisser des liens entre des entités multiculturelles.

Un musée véritablement ouvert à tous, ne se limite pas à présenter ce qui est déjà reconnu. Il favorise les conditions d'apprentissage mutuel, même lorsque la traduction s'avère difficile. Lorsqu'un concept ne passe pas, cela peut révéler une différence essentielle qu'il importe de reconnaître et de préserver, plutôt que d'effacer. Dans cette optique, les débats sur les définitions (Robinson, 2021) ou sur leurs transformations (ICOM, 2016) ne constituent pas des obstacles, mais bien des signes de viabilité, puisqu'ils illustrent la capacité d'un collectif à se transformer sans perdre son identité. L'équité des savoirs ne se fonde pas sur un consensus figé, mais sur la qualité des processus, qui permettent de choisir, d'ajuster et de justifier, ainsi que sur la reconnaissance durable des voix longtemps marginalisées (Soulet, 2007).

L'histoire des musées contemporains peut être comprise non pas seulement comme une série d'évolutions techniques, mais aussi comme un ensemble de transformations profondes du sens même du savoir patrimonial pour le public. L'analyse de l'histoire des musées de Maria Cristina Cabral (2011) met en lumière la première transformation majeure : le passage de la « *boîte divisée* » à l'espace ouvert ne relève pas uniquement d'un changement architectural, mais traduit une mutation dans la relation entre les œuvres, leur présentation et les visiteurs.

Les musées contemporains (numériques et par extension, immersifs) ne se limitent pas à exposer, ils orientent le regard, construisent la compréhension, hiérarchisent les rapports entre proximité et distance, et reconfigurent la relation entre l'œuvre et son autonomie. Or, comme le souligne Cabral, cette autonomie demeure relative, elle s'inscrit dans le cadre des multiples courants artistiques modernes et répond à une finalité pédagogique affirmée. D'ailleurs, le Museum of Modern Art (MoMA) illustre parfaitement cette évolution, en abandonnant une classification figée au profit d'une présentation fondée sur les mouvements artistiques, il établit de nouveaux liens entre disciplines, renouvelle le jugement esthétique et dissipe l'image du musée comme un lieu sacralisé et figé. Ce tournant mérite toute notre attention. Le musée

moderne n'est plus un simple espace de dépôt ou de conservation, il devient un acteur de compréhension et de transformation sociale (Cabral, 2011).

La manière dont le musée agit et la capacité qu'il détient à influencer la société ne se manifeste pas uniquement par son architecture, mais aussi par de multiples façons. Les outils numériques destinés à la communication ne sont pas simplement un ajout de fonctionnalités, ils modifient profondément la participation à la culture. Collin et ses collègues insistent sur le fait que la fracture numérique ne concerne pas uniquement la question d'équipement, mais aussi celle de compétences et d'opportunités d'usage. Lorsqu'un outil numérique permet de redonner la parole aux personnes muettes (avec le projet Magic Voice Tablet), ou encore lorsque cet outil offre l'opportunité à des enfants d'interagir avec les autres, il ne s'agit pas d'un simple dispositif technique : cela permet une participation réelle et active à la société. Les auteurs soulignent également qu'il dépend de tout un système ; en effet, ces outils deviennent efficaces dans un cadre précis : s'ils sont utilisés avec les familles, les experts, les institutions et même l'administration. La technologie ne favorise la participation citoyenne que si l'ensemble du système reconnaît aux personnes qui l'utilisent le droit de prendre part aux décisions.

L'image préconçue du musée ne se limite pas à ses expositions, elle se construit également à travers les ouvrages qui mettent en lumière ce que l'on a souvent tendance à oublier. Marie-Sylvie Poli explique que le musée est devenu un personnage de roman, un symbole avec de nombreux aspects comme son architecture, ses expositions, ses responsables, ses boutiques, son argent et sa représentation. Les références qu'elle utilise offrent une analyse critique. Le musée relève parfois d'une quête spirituelle, parfois du monde trop intense, parfois d'un lieu de rencontres ou d'un monde trop intense, parfois d'un lieu de rencontres ou d'un endroit où l'on lutte pour survivre et où le patrimoine devient vital. Contrairement à une vision classique et simpliste, où le musée transmet, la fiction révèle des rapports de pouvoir, des dérives commerciales et une sacralisation des œuvres. Défendre une « *vision poétique du musée* », c'est inviter les muséologues et les chercheurs à s'intéresser aux idées qui remettent en question leur travail, non pas pour croire n'importe quelle histoire, mais pour comprendre ce que ces histoires disent des dépendances, des aspects sacrés et des injustices symboliques que le musée a tendance à ignorer (Poli, 2015).

Cette remise en question s'inscrit dans l'idée de faire participer les visiteurs. Comme le montrent les écomusées et les musées de société, Julie Guiyot-Corteville rappelle que la médiation, si elle est bien faite, n'est pas une simple diffusion d'informations, mais un échange où chacun partage ses connaissances. La participation va plus loin, elle donne au public un vrai rôle dans le modelage du musée et dans la manière dont il est pensé, dans la collecte d'objets et dans la manière dont l'histoire est racontée. Les expériences du Rize à Villeurbanne, de l'écomusée du Fier Monde à Montréal ou du Val de Bièvre montrent les avantages (inclusion, sentiment d'appropriation, développement personnel) mais aussi les inconvénients (temps, argent, implication des équipes, besoin de redéfinir les responsabilités). En réalité, ce qui pose problème, ce n'est pas le manque de bonne volonté, mais la façon dont les musées sont organisés sur les plans financier et politique. A cet effet, faire de la participation un élément central, c'est changer la répartition pécuniaire, les métiers, les critères d'évaluation du travail, et accepter que les compétences des conservateurs soient confrontées à d'autres savoirs, sans pour autant disparaître (Guiyot-Corteville, 2013).

Daniel Jacobi propose une manière utile de comprendre ces tensions. En distinguant la vision traditionnelle des musées, la remise en question et la manière de les étudier, il montre qu'il existe une multitude de compréhensions et d'actions dans ce domaine. De plus, sa vision de l'évolution des musées, depuis le XIX^e siècle où leur rôle tenait à enseigner et à sacraliser les objets, jusqu'à aujourd'hui où la communication, les événements et le virtuel occupent une place majeure, montre que l'on attend du musée de conserver et d'enseigner, bien sûr, mais aussi d'attirer et de fidéliser les visiteurs. Cela ne veut pas dire que l'aspect scientifique est moindre, au contraire, selon Jacobi, le musée doit à la fois être scientifique et culturel. Il est important de le rappeler, l'inclusion, la participation et le numérique ne remplacent pas la science, ils la complètent et changent la façon dont elle est présentée au public. Cela appelle à la vigilance afin de ne pas tout mélanger et à ne pas oublier que le musée doit apporter des preuves, des arguments et des connaissances spécialisées (Jacobi, 2016).

Ces discussions sur les musées sont liées à des enjeux plus larges de justice sociale. Sandrine Kott, en étudiant l'OIT²¹, met en évidence la difficulté d'une organisation chargée d'établir des normes de respect au travail à l'échelle mondiale, tout en devant composer avec les logiques du capitalisme global. La question qu'elle pose est de savoir comment créer une base commune de justice alors que les pouvoirs des pays diminuent et que la concurrence est partout. Cette

²¹ Organisation internationale du travail

question se pose aussi au musée : comment tenir les promesses d'égalité culturelle quand les réalités économiques imposent de simplifier, de mesurer et de rendre visible ? Pierre Rosanvallon souligne un autre aspect du problème en montrant que l'idée de récompenser le mérite est fautive : l'« *égalité des chances* » sert à justifier les différences lorsqu'elle se limite à une compétition entre les talents. Appliqué aux actions culturelles, l'avertissement est clair, si on mesure le succès seulement par le nombre de visiteurs, par l'engagement mesuré, on risque de réintroduire une manière de penser qui fait peser sur chacun la responsabilité individuelle de s'intéresser à la culture, sans interroger les causes structurelles ni les moyens de mieux partager et reconnaître les savoirs (Kott, 2018 ; Rosanvallon, 2011).

C'est ce que Didier Lapeyronnie explique lorsqu'il étudie les quartiers populaires en parlant d'une « *façon de penser la discrimination* ». Les inégalités concrètes sont liées à la manière dont les habitants sont dévalorisés, en les cloisonnant dans une image négative. Si on prend cette idée au sérieux, le musée ne peut pas simplement proposer l'accès, il doit également revoir les modes de désignation : quels quartiers, quels publics, quels problèmes ? Sinon, le risque est de reproduire, par ses propres actions, les problèmes qu'il veut résoudre. La justice culturelle ne consiste pas seulement à offrir un service, elle concerne le droit de se montrer et d'être reconnu avec respect (Lapeyronnie, 2011).

À l'autre bout du spectre, avec les héritages « *actuels* », l'étude de Zhu et Lin (2022) observe et met en lumière un problème majeur, celui du patrimoine culturel immatériel, essentiel pour l'identité et le dialogue, s'affaiblit à cause de la mondialisation et de l'importance donnée aux biens matériels. Les trois problèmes qu'ils soulignent : arrêt de la transmission, manque de compréhension et absence de moyens qui sont également des éléments soulevés dans nos résultats d'interview avec Beck qui affirme que le coût et l'absence de moyens peuvent limiter les musées. Aussi, l'étude de Zhu et Lin montre que la survie du patrimoine culturel immatériel dépend d'un environnement à la fois technique (numérisation 3D, plateformes et outils immersifs) et social (protection juridique et participation de la communauté). Ici, le numérique n'est ni la solution miracle ni l'ennemi, il peut stabiliser ou dynamiser selon qu'il est vu comme un simple outil d'archivage ou comme un lieu d'échanges. Les auteurs insistent sur l'importance de bien associer l'innovation technique et la gestion par la communauté. (Zhu et Lin, 2022)

Cette association se retrouve également dans les cartes sensorielles utilisées pour la planification culturelle (Abd El-Hamid El-Sayyad). Prendre en compte les paysages sonores et olfactifs, c'est remettre l'expérience de la ville : souvenirs, habitudes et perceptions, au centre des projets de rénovation. On comprend alors que la durabilité du patrimoine n'est pas un état

fixe, mais un processus. Et elle dépend de la capacité à lier les héritages, à concevoir et à designer en ayant conscience de l'environnement et en tenant compte de l'avis des habitants. Cette démarche est très politique fait des habitants les acteurs d'un diagnostic et d'un projet, au lieu de les considérer comme de simples utilisateurs (Abd El-Hamid El-Sayyad, 2019).

Dans cette optique, les expériences en réalité augmentée étudiées par Litvak et Kuflik sont intéressantes, non pas pour leur aspect technique, mais pour le type d'expérience qu'elles permettent en extérieur : mains libres, orientation précise et navigation entre les lieux intéressants visibles. Les contraintes telles que la luminosité, l'ergonomie et l'attention à l'environnement sont importantes, car elles influencent l'adoption. Si ces outils doivent devenir courants dans l'expansion culturelle, il est essentiel de les concevoir en tenant compte des usages réels et des limites d'efforts acceptables. Il faut donc une conception qui prenne en compte les capacités cognitives et sensorielles des visiteurs comme un élément de justice (qui peuvent les utiliser, dans quelles conditions et à quel prix ?) (Litvak et Kuflik, 2020).

Le musée actuel, comme Cabral l'explique en tant qu'historien, ne se résume plus à une structure, il crée des visions et des modalités de compréhension. Aujourd'hui, cette création s'étend et elle comprend l'usage de la technologie ayant pour finalité l'accès numérique, la remise en question des idées reçues, la façon dont les gens peuvent s'exprimer, le lien entre les objectifs scientifiques et culturels (Jacobi), et, plus largement, les conditions sociales de l'équité. Elle implique aussi une façon de prendre soin du patrimoine en utilisant la technologie et en étant attentif.

Si l'on cherche une idée fédératrice de ces contributions sans changer leur importance, on peut dire ceci : la lutte contre les inégalités sociales, géographiques et symboliques, dans et par les musées, ne consiste pas à ajouter quelques éléments inclusifs à une structure qui, elle, demeure inchangée, mais à considérer le musée comme un moyen d'assurer une justice basée sur la connaissance. C'est un enjeu de moyens, parce qu'il faut des lieux, du temps, de l'argent, des emplois, des mesures adaptées, même pour les procédures administratives les plus simples, afin que la promesse d'accès devienne réelle. C'est un enjeu de justice, parce que l'essentiel est que chacun puisse se montrer et s'exprimer avec dignité, que les besoins et les fragilités soient reconnus, et que les moyens de comprendre et d'être compris soient répartis équitablement. C'est un enjeu de connaissance, enfin, parce que l'enjeu n'est pas seulement d'accéder à des informations, mais de décider ensemble ce qui est considéré comme savoir, ce qui est considéré comme une preuve, et ce qui mérite d'être retenu et transmis.

Dans cet ordre d'idées, les exigences des auteurs mentionnés ne sont pas opposées mais se complètent. Elles forment un ensemble de règles communes où l'ouverture d'esprit de Cabral rejoint la capacité des citoyens à utiliser les outils numériques, où la critique poétique remet en question les certitudes des professionnels, où la participation met à l'épreuve l'autorité, où la classification de Jacobi protège l'aspect scientifique tout en étant présente sur la scène publique, où Kott, Rosanvallon, Lapeyronnie et Martuccelli rappellent que les inégalités se développent grâce à des catégories, des justifications et des infrastructures, et où les propositions de Zhu et Lin, d'Abd El-Hamid El-Sayyad et de Litvak et Kuflik offrent des moyens concrets pour que la transmission soit durable, compréhensible et vécue. C'est seulement ainsi que le musée pourra concilier sa mission de conservation du patrimoine et sa responsabilité sociale, en considérant la conservation et la justice non pas comme des choses opposées, mais comme deux façons de remplir un même devoir envers le public. (Jacobi, 2016 ; Kott, 2018 ; Lapeyronnie, 2011 ; Martuccelli, 2011 ; Abd El-Hamid El-Sayyad, 2019 ; Litvak et Kuflik, 2020)

Suite à cette réflexion à propos des mutations des musées, il devient nécessaire de s'intéresser à la façon dont ces lieux prennent leurs responsabilités face aux problèmes émergents. La question de la sauvegarde et de la conservation ne veut plus seulement signifier que les objets ne s'abîment pas, mais inclut désormais des idées morales et écologiques plus vastes. La section suivante s'intéressera plus amplement aux actions que les musées doivent entreprendre en matière de conservation, aux règles morales que cela implique, ainsi qu'aux façons de gérer le patrimoine de manière durable qui en découlent.

1.2. Responsabilité : conservation, éthique et gestion durable du patrimoine

Le rôle lié au patrimoine ne se limite plus à une simple tâche de gestion ou de protection. Il implique des aspects moraux, politiques et liés à la connaissance, que ce soit dans la façon de protéger ou de transmettre les biens culturels. Ce rôle est d'autant plus important que les questions liées au patrimoine sont aujourd'hui confrontées à de nombreuses tensions : entre protection et accès, entre ce qui est réel et ce qui est virtuel, entre tradition et nouveauté, entre l'inclusion du public et l'autorité des experts. Dans ce cadre, la protection durable du patrimoine culturel, surtout dans les musées, doit être revue comme un acte de justice lié à la connaissance (Fricker, 2007), autrement dit, un rôle consistant à reconnaître, transmettre et créer diverses connaissances sur les objets culturels.

À cette prétention à l'universalité répond une critique de plus en plus audible, celle d'un «*épistémicide*» (Santos, 2016), la destruction des savoirs. Le musée, dans sa forme peut-être la plus achevée, est à la pointe de ce dévoiement : en imposant des normes, des catégories, des hiérarchies de valeurs qui invisibilisent les savoirs non reconnus.

Dans le domaine des documents, le contexte est considéré comme tout ce qui entoure la création, l'utilisation et la vie d'un document. Il se divise en plusieurs parties liées : les lois et règles, l'origine, le déroulement, les documents eux-mêmes et la technologie (Tognoli, 2024). Ces aspects sont pertinents pour bien comprendre, être sûr de l'authenticité et voir la valeur pour la société, des informations. Le but est de ranger les savoirs non pas comme des choses abstraites, mais comme des créations liées à un endroit, avec une culture, des liens, un parcours et une mémoire vivante.

Certains musées proposent désormais une véritable expérience immersive, invitant le visiteur à pénétrer dans un univers où il ressent, où une histoire lui est racontée et où l'émotion occupe une place centrale. Ces dispositifs, qu'ils reposent sur des technologies virtuelles, des projections enveloppantes ou des environnements interactifs, ne se contentent plus de montrer des objets ou des œuvres, ils narrent des histoires, recréent des ambiances et replacent les items dans leur contexte originel. Ce faisant, ils choisissent, parfois sans le dire clairement, une approche centrée sur le contexte, qui articule étroitement le contenu, la forme et le sens.

Les musées immersifs cherchent à recréer les parcours vécus des œuvres ou des objets. Ils étudient le contexte et l'époque de leur conception, leurs usages, ainsi que leur évolution dans le temps et l'espace. L'idée de recontextualisation, devient une structure importante puisqu'elle permet de passer d'une présentation figée de l'information à une histoire dynamique dotée de sens qui touche au système cognitif du visiteur.

Ils rejoignent ainsi un but plus grand pour l'organisation des savoirs, en recréant les liens perdus et en ancrant les connaissances dans la société, la culture et l'histoire. Ainsi, ils permettent de vivre une expérience où la recontextualisation facilite la compréhension, où le passé en mouvement appelle les sens, où se raconte une histoire tissée de liens logiques, alors que les systèmes de documents classiques reposent davantage sur la description, le classement et l'organisation de l'information.

Dans les deux cas, la façon dont on utilise les choses devient pertinente pour l'appréhension. Il ne s'agit plus seulement de garder, mais de réactiver les connaissances. Ainsi, en mobilisant les enjeux de la mise en contexte des documents et les possibilités des musées immersifs, on

aperçoit les bases d'une nouvelle transmission des savoirs, où la connaissance n'est plus immobile mais vécue, liée à de nombreux contextes et porteuse de sens, d'émotion et de mémoire partagée.

L'arrivée des technologies numériques dans le domaine du patrimoine transforme profondément la manière dont ce rôle est exercé. Grâce à la numérisation 3D, aux copies numériques, à la réalité augmentée ou aux systèmes d'information sur le patrimoine, une nouvelle infrastructure technologique et scientifique se met en place, redéfinissant les règles de preuve, de visibilité, d'authenticité et de transmission. Cependant, même si ces outils offrent des possibilités de documentation, d'analyse et de présentation sans précédent, ils posent également des défis en matière de gestion des données, d'interprétation des modèles et de contrôle de la connaissance des savoirs produits. Dans ce processus, le musée n'est plus seulement un lieu de conservation des objets, mais un outil de savoir numérique, où la répartition des rôles entre experts, public et technologies est remise en question.

Les musées sont généralement définis comme des lieux de conservation, de recherche et de transmission du patrimoine matériel et immatériel. Mais cette définition, qui semble acceptée par tous, cache une tension ancienne : qui décide de ce qui mérite d'être conservé ? Quelles connaissances sont considérées comme valables ? Quels récits sont exclus ? Depuis la deuxième moitié du XXe siècle, l'étude critique des musées (Bennet et Bennet 2004) a mis en évidence les aspects normatifs, politiques et parfois liés à la colonisation de la création du patrimoine dans les musées. De ce point de vue, les musées sont aussi des outils de pouvoir symbolique qui organisent ce qui est visible et invisible, ce qui est conservé et ce qui est oublié.

Dans un contexte où les savoirs sont de plus en plus transformés en données et gérés par des algorithmes, ce rôle lié à la connaissance prend une nouvelle tournure. La transformation numérique des musées, la numérisation des collections, la mise en ligne des bases de données, les expériences immersives, l'intelligence artificielle ne sont pas sans conséquences. Elle modifie l'accès au savoir, les règles de validation scientifique et les formes d'interprétation autorisées. La question principale devient alors : comment assurer une justice fondée sur la connaissance dans les musées à l'ère numérique ?

La justice fondée sur la connaissance, telle que Miranda Fricker l'a expliquée en 2007, consiste à reconnaître que tout le monde a la même capacité à comprendre et à témoigner. Cela combat deux types d'injustice : l'injustice de témoignage (lorsqu'on ne croit pas quelqu'un à cause de qui il est) et l'injustice d'interprétation (lorsqu'un groupe n'a pas les idées pour expliquer ce qu'il

vit). De ce fait, cette approche aide à comprendre pourquoi certaines connaissances sont davantage mises en avant, produites et acceptées que d'autres. Qui peut dire ce qu'est un objet ? En utilisant quelles idées ? Qui décide des informations importantes à son sujet ? Quels souvenirs sont exposés au public ? Cette idée nous pousse à changer notre façon de faire, au lieu de simplement conserver les objets, il faut aussi veiller à ce que chacun puisse les comprendre et les raconter à sa manière.

Dans cette perspective, les outils numériques ne doivent pas être réduit à des moyens techniques d'aider à la conservation, mais ils doivent être perçu comme des acteurs importants dans la création de connaissances. Ils changent la conservation elle-même, ses pratiques, ses artefacts, en introduisant de nouvelles approches, modalités, actions, etc.

L'atelier international qui a eu lieu à Madère en 2017 (Ioannides et al., 2018) appui cette évolution. Cet événement, qui s'inscrit dans un mouvement européen, a permis de présenter de nouvelles technologies utilisées dans le secteur patrimonial : la documentation en 3D, les cartes numériques, la réalité virtuelle, le partage d'informations, la conservation numérique, afin de prévenir les problèmes. L'objectif était double : améliorer la conservation grâce à une documentation très précise, et encourager les citoyens à s'impliquer par la découverte de technologies immersives. L'élément qui en ressort met en évidence l'évolution des technologies liées au patrimoine, où le numérique aide à la fois la science et la participation de tous.

De ce fait, en créant un modèle 3D d'un artefact ou d'un lieu, on ne se contente pas de copier sa forme, on le crée de manière à l'interpréter, basée sur des choix de méthodes, des visuels, et des objectifs scientifiques ou éducatifs. Comme le rappellent Gagne et al. (2022), la réalité étendue (XR) ne cherche pas seulement à être fidèle à la réalité, mais aussi à ce que les reconstitutions soient crédibles et utiles pour une compréhension efficiente : il s'agit de voir, de manipuler et de partager des objets et des lieux culturels de manière immersive, interactive et collaborative.

Un exemple très parlant de cette avancée est le jumeau numérique dont nous avons précédemment parlé. Au départ utilisé dans l'armée et l'industrie, ce système crée une copie virtuelle d'un objet réel, qui évolue en fonction des informations envoyées par des capteurs en temps réel. Dans le domaine du patrimoine, cette technologie permet de créer un modèle, de surveiller, d'imaginer et de prévoir l'état d'un bien culturel, surtout s'il est fait de matériaux fragiles comme le bois.

Dans leur analyse du bateau de Quanzhou, Wang et ses collègues (2022) expliquent comment un ensemble de détecteurs permet d'obtenir des informations fixes et changeantes sur

l'environnement du bateau, notamment ses niveaux d'humidité, ses variations de forme, etc., afin d'alimenter un système informatique qui envisage différentes manières de le conserver en bon état. Le modèle suit un processus en quatre étapes : organiser, examiner, soigner, commenter. Cette logique est tournée vers l'avenir de la conservation à long termes, qui devient une gestion en direct, basée sur l'étude constante des dangers. Ceci aide également à réduire les actions physiques, qui coûtent souvent cher et peuvent, à répétition, abîmer les items. Cela ouvre la voie à une pratique de préservation réduisant le nombre d'actions possible sur l'objet, en se basant sur la prévision plutôt que sur la réparation. Mais cette observation crée aussi une nouvelle obligation : celle de s'assurer de la qualité et de la provenance des informations, de la clarté du fonctionnement des simulations informatiques, et de la facilité d'accès aux systèmes numériques.

Ainsi, la copie numérique peut être vue comme une technologie qui rend la connaissance plus juste, en permettant d'observer et de veiller en permanence, de partager et de modifier les états d'un bien culturel, elle crée également des discussions entre les professionnels en charge de la conservation, les chercheurs, le public et les organisations. Elle concentre le savoir, et les décisions concernant la conservation sont négociées en temps réel.

Le regroupement des technologies numériques, des détecteurs, de l'intelligence artificielle et des écrans immersifs modifie donc profondément les responsabilités des personnes qui s'occupent du patrimoine. Le musée numérique n'est pas seulement une copie de son équivalent réel, mais un moyen de créer des connaissances en réseau, en mobilisant des compétences variées : archéologues, ingénieurs, spécialistes des données, artistes numériques, personnes qui aident à comprendre la culture. Par conséquent, on ne peut plus penser à la responsabilité comme un cas isolé ou de hiérarchique. Elle est maintenant partagée, à la fois au niveau technique (façons de traiter les informations), au niveau des organisations (partage des compétences) et au niveau de la connaissance (nombreuses façons d'interpréter). Cette éthique partagée exige une plus grande attention : chaque technologie, chaque règle de métadonnées, chaque façon de montrer les choses, contribue à créer une certaine vision du monde patrimonial.

Comme le résume la pensée de Gaugne et de ses collègues (2022), le fait de pouvoir relier différents niveaux (objet, site, environnement) grâce à la XR ne doit pas mener à une vision unique, mais à une multiplication des points de vue, rendue possible par la capacité à travailler ensemble, à partager des annotations, à reconstituer de manière collaborative. Cette ouverture à différentes interprétations est essentielle pour que la connaissance du patrimoine soit juste. Il

ne s'agit pas de garder un objet immobile, mais de permettre à un savoir vivant, situé et varié de continuer à exister.

Le développement de ces technologies change profondément notre rapport à la culture et les usages qu'on en fait, pas seulement comme des souvenirs, mais aussi comme des éléments actifs d'un système de pensée partagé. Dans son étude, Olivia Menaguale (2023) souligne comment la copie numérique transforme les idées reçues sur la conservation, partant du soin des objets à la sauvegarde des informations, de la stabilité physique à la souplesse numérique, de l'importance des musées à un accès possible partout. Ce changement est un choix politique, face à ce que Boaventura de Sousa Santos appelle la destruction des connaissances, c'est-à-dire l'effacement organisé de certaines formes de savoir, la copie numérique peut alors être vue comme un outil de réparation.

En réalité, la numérisation ne se contente pas de copier. Elle permet d'améliorer, de donner du contexte, d'analyser et de partager des types de connaissances auparavant impossibles à obtenir. La copie numérique n'est pas seulement une image fixe d'un objet disparu, c'est un ensemble d'informations vivantes, capable de changer avec les données, les interprétations et les usages. Elle devient un moyen d'apprendre, une façon de se relever après des difficultés, et même un nouvel espace de musée virtuel à part entière. Mais cette capacité à se relever grâce au numérique soulève elle-même des questions importantes : qui contrôle les données ? Quelles règles définissent leur organisation ? Quelles interprétations sont acceptées ou rejetées ? La justice en matière de connaissances dans ce contexte signifie non seulement rendre les objets accessibles, mais aussi garantir que tout le monde ait les mêmes chances de créer, d'expliquer, de partager et d'interpréter les données culturelles. Ce n'est pas seulement une question technique, mais un devoir politique envers la diversité des histoires du passé.

La question de la valeur de la copie numérique ne peut être abordée sans parler des idées de Walter Benjamin (1936). Benjamin explique que l'« *aura* » d'une œuvre, sa présence unique dans le temps et dans l'espace, son ici et maintenant, est changée de façon irréversible par sa reproduction. Cette idée prend une nouvelle importance dans le monde numérique : que devient l'aura dans l'espace immatériel, facile à multiplier, et interactif de la transformation numérique du patrimoine ?

Navarro et Renaud (2024), en s'appuyant sur les idées de Benjamin et de Nathalie Heinich (1998), s'interrogent sur les notions d'unicité et d'authenticité à l'ère du numérique. Même si l'objet original conserve une forte valeur symbolique, les reproductions numériques contribuent

également à la valorisation du patrimoine sur les plans social, politique, scientifique et esthétique. Elles ne sont pas de simples remplacements, mais des éléments actifs de la mise en valeur, au sein de nombreux moyens de partage (musées, industries culturelles, plateformes numériques, établissements d'enseignement).

Ce changement dans l'importance accordée au patrimoine implique une nouvelle définition de ce qui est considéré comme authentique. L'authenticité n'est plus forcément matérielle, mais liée au contexte, à l'information, à l'expérience. Une reconstitution virtuelle peut être exacte sur le plan historique, scientifiquement fiable et culturellement importante, même si elle diffère de l'original sur le plan matériel. Cela entraîne une nouvelle responsabilité : celle de l'honnêteté des intentions, de la rigueur des méthodes, de la transparence des sources et des choix d'interprétation.

La promesse d'un accès plus large à notre héritage grâce aux copies numériques ne doit pas cacher les problèmes qu'elle pose. Comme le montrent King, Stark et Cooke (2016), le numérique peut aussi aggraver certaines inégalités, qu'elles soient sociales, économiques ou culturelles, si les règles pour le mettre en place sont décidées par des organismes peu transparents ou avec des outils techniques difficiles à utiliser. Le numérique peut devenir un simple onéreux, si on ne réfléchit pas en amont à son utilité, aux traditions culturelles et à la capacité du public à se l'approprier. Le numérique n'est pas forcément un moyen de rendre les choses plus accessibles à tous. Il peut même exclure si cela renforce le pouvoir des institutions, empêche l'accès aux connaissances ou rend le contenu difficile à comprendre. La participation du public, qui est très importante pour que les connaissances soient justes, nécessite d'être vraiment ouvert à l'interprétation collective, aux critiques et aux annotations partagées. Cependant, cette construction commune est encore souvent bloquée par la peur de perdre le contrôle, ou par un manque de moyens et de compétences pour organiser un partage numérique qui inclut tout le monde.

De plus, l'endroit où se situe la valeur culturelle, comme le disent King et ses collègues, demeure un point important. L'accès numérique enlève les objets de leur lieu d'origine, mais il ne doit pas faire oublier leur lien avec l'endroit, l'environnement, l'époque et l'histoire. Il y a un grand risque de voir se développer une culture du patrimoine mondial uniforme, comme le craignent Pouloupoulos et Wallace (2022), si les échanges numériques ne sont pas organisés avec des règles communes à toutes les cultures, permettant de respecter les différentes histoires et les différentes façons de voir les choses.

Un autre grand défi est l'important volume d'informations produites par la numérisation massive. Plus d'images, plus de modèles, plus de bases de données, mais aussi, peut-être, moins de clarté, moins de détails sur le contexte et moins de capacité à comprendre et à critiquer. Cette abondance de documents peut donner l'illusion que l'on sait tout, alors même que les façons d'interpréter s'effondrent.

C'est pourquoi la mise en place de règles relatives aux métadonnées, à la compatibilité des systèmes et à la qualité des commentaires devient essentielle (Poulopoulos et Wallace, 2022). Les métadonnées sont les bases invisibles de l'interprétation, elles permettent de donner un contexte à une image, de comparer différentes sources et de créer des histoires. Mais si elles sont mal faites, incomplètes ou absentes, elles transforment les reproductions en objets silencieux, coupés de toute possibilité de compréhension.

La justice dans le partage numérique du patrimoine nécessite donc non seulement de créer des données, mais aussi de concevoir des outils et des langages qui permettent de naviguer dans ces données, de les critiquer et de les améliorer. Cela demande de mobiliser différentes compétences : scientifiques, informatiques, muséographiques, linguistiques, etc. Il faut penser les musées numériques non pas comme des vitrines interactives, mais comme des lieux d'échange où l'interprétation est partagée.

Enfin, cette idée demande une réflexion générale. Il ne suffit pas d'ajouter de la technologie aux lieux de culture existants, mais de complètement changer notre façon de voir les liens entre les connaissances, les supports et les personnes. L'idée de Poulopoulos et Wallace (2022) sur la culture mélangée va dans ce sens : un héritage vivant, à la fois ancré et connecté, d'ici et du monde entier, réel et numérique.

Cette observation exige une vigilance particulière face aux effets de normalisation, de regroupement ou de privatisation des données culturelles. Il faut absolument mettre en place des règles pour que tout le monde puisse y accéder de la même manière, pour que la gestion soit ouverte et que les modalités techniques soient transparentes. Le patrimoine numérique ne peut devenir un bien commun que si l'on le perçoit comme une responsabilité partagée.

Dans cette optique, les musées doivent aider à comprendre les enjeux éthiques et de connaissances dans un monde où les savoirs circulent vite, mais sont divisés, simplifiés ou transformés en gain et profit pécuniaires. Ils peuvent redevenir des lieux où l'on prend le temps de réfléchir, où l'on construit ensemble du sens et où l'on discute de différentes histoires. C'est

leur rôle : non pas défendre une seule vérité sur le passé, mais ouvrir des espaces pour des savoirs variés, liés à un endroit, et qui dialoguent.

Dans l'archéologie classique, l'accès au savoir s'effectue par l'accès direct aux objets : la fouille, la coupe, l'étude des couches, le fait de toucher les objets anciens. Or, ces actions détruisent forcément quelque chose : chaque trou change ou efface l'endroit d'origine. Les technologies d'imagerie médicale, utilisées en archéologie, comme le scanner, constituent une grande avancée dans ce domaine. Les travaux de Nicolas et de ses collègues (2018), sur un char funéraire trouvé à Warcq, montrent bien cette évolution. Face à un bloc de terre contenant un artefact rare, on ne creuse plus pour voir, mais on regarde pour creuser, grâce aux couches internes montrées par l'imagerie. Cette nouvelle façon de faire permet de ne pas abîmer l'objet, tout en découvrant ses caractéristiques de structure, de forme et même de symboles. (Nicolas et al., 2018)

Ainsi, l'objectif est double : enregistrer avant toute procédure, mais aussi prévoir intelligemment les actions à venir. Cette pratique, qui va sûrement se généraliser, intègre la fouille dans un processus numérique où l'analyse précède l'action et où chaque décision repose sur un examen des images plutôt que sur une intuition. C'est un tournant essentiel dans l'histoire des sciences du patrimoine, où l'archéologue devient un technicien spécialisé dans les connaissances.

La numérisation ne sert pas seulement à rendre les artefacts visibles virtuellement, elle permet également de les reproduire de manière contrôlée, grâce à l'impression 3D. Dans les exemples étudiés par Nicolas et ses collègues (2016), les modèles issus du scanner sont transformés en objets réels, que l'on peut toucher et manipuler, et qui conservent la forme exacte et la structure interne des objets anciens. Cette création matérielle ouvre différentes possibilités : étude des formes, essais d'assemblage, présentations dans les musées, découverte tactile.

De plus, l'impression 3D aide à recréer des objets fragmentés, à compléter des parties manquantes, ou à réunir des éléments dispersés. L'objet imprimé n'est ni une imitation, ni un trucage : il sert à montrer des idées, un lien pour comprendre entre les informations scientifiques et ce qu'on imagine avoir été reconstitué. Mais cette approche pose aussi des défis : où s'arrête le fait de noter des choses, et où commence le fait de refaire ? Quelles sont les règles à suivre pour être sûr que l'objet imprimé ne soit pas pris pour l'objet réel ? Encore une fois, il faut que tout soit clair en amont. Chaque copie doit avoir des explications, être replacée dans son

contexte, et justifiée, pour qu'il n'y ait aucune confusion sur ce qu'elle est et la place qu'elle détient.

L'intérêt des musées immersifs va au-delà de la simple reproduction. Si l'on veut comprendre les visions et pratiques passées, la réalité virtuelle nous aide à recréer les sensations, l'espace, et les moments marquants comme les cérémonies. C'est ce que Rueff (2016) montre en refaisant virtuellement la lumière sur les anciens lieux méditerranéens. En utilisant des informations sur les matériaux, les lumières, les couleurs de la lumière et ce qu'il y avait dans l'air (poussière, fumée), on peut imaginer avec précision la manière dont les gens vivaient. Ainsi, ce n'est pas uniquement une question d'esthétique mais une question de compréhension de l'histoire, qui nous permet de confirmer ou d'infirmer des idées sur la façon dont on utilisait le lieu, son orientation ou son but. Ainsi, les technologies virtuelles deviennent des outils d'enquête. Ils nous permettent d'hypothétiser, de dresser des limites, de créer un langage autour de ce savoir scientifique. Lorsque des artefacts en matières organiques fragiles et dégradables sont retrouvés, il devient nécessaire de mettre en œuvre des mesures de conservation, car ils s'abîment très rapidement. Les travaux de Bandiera et de ses collègues (2013, 2015) sur le site de Torre Santa Sabina montrent qu'il est absolument nécessaire de consigner les informations dès qu'une découverte est faite, par l'utilisation de scanners laser et de prises de vue photographiques. Cette méthode, qui n'abîme pas les objets et ne coûte pas trop cher, permet de noter précisément la taille et l'état des objets, en tenant compte des changements qui surviendront lorsqu'ils sécheront ou seront traités. Ainsi, même si on ne peut pas les restaurer tout de suite, on garde une copie numérique de l'objet, qui peut servir à la recherche, à l'explication ou même à la reconstitution de l'objet plus tard.

Cette réflexion montre que récupérer et annoter les informations présentes, ne réduit pas le rôle de la technologie à la reconstitution virtuelle, mais lui donne également un rôle de conservation des données. Ainsi, l'outil numérique nous aide à nous souvenir des informations (pense-bête). Il permet de faire vivre plus longtemps l'idée que l'on se fait d'un objet menacé, de le montrer sous un autre aspect. Alors que les objets matériels se raréfient et disparaissent à un rythme croissant, la mémoire numérique constitue une démarche essentielle : une manière de préserver le patrimoine pour les générations futures.

Même si la 3D offre des possibilités inestimables, elle peut aussi être dangereuse. Les auteurs Vergnien et Giligny (2016) insistent sur la nécessité d'utiliser ces technologies avec prudence et en réfléchissant. La 3D peut impressionner, plaire, et donner l'impression que l'on sait tout, alors qu'elle se base sur des idées, des estimations, et des choix d'interprétation.

La méthode scientifique exige de bien expliquer comment on crée un modèle, de montrer clairement les limites, ce qui manque et ce qui est reconstitué. Il ne suffit pas de faire un modèle, il faut dire comment il est vérifié et son histoire. La 3D n'est pas le but, mais un outil qui aide, et son efficacité dépend de son utilisation dans le respect d'une méthode critique. Les auteurs disent également que conserver les formats utilisables, gérer les informations et conserver les modèles longtemps sont des défis souvent oubliés. Sans une sauvegarde, la 3D pourrait être oubliée, et les traces disparaîtraient plus vite que les vrais objets qu'elle veut protéger.

Dans le domaine du bâtiment par exemple, le développement des technologies de modélisation des informations du bâtiment (BIM) a créé un domaine spécial : la modélisation des informations des bâtiments historiques (HBIM). Cette idée repose sur la création de modèles 3D incluant de nombreuses informations, qui montrent l'architecture, les matériaux, les problèmes, ce qui a été fait avant et l'entretien. Ces modèles, d'abord créés pour le bâtiment, deviennent désormais des outils pour le patrimoine, qui combinent la conservation, la recherche historique et la présentation numérique.

Le vrai changement du HBIM n'est pas seulement de pouvoir montrer les bâtiments avec précision, mais aussi d'ajouter des interactions immersives (réalité augmentée, virtuelle) et des langages de programmation visuelle (VPL), qui permettent de créer des objets virtuels interactifs (IVO). Ces IVO offrent des options de découverte du patrimoine en se déplaçant librement dans des bâtiments reconstitués, visualisant les différentes étapes de l'histoire, regardant les données archivistiques et en effectuant des simulations de restauration. Ce passage d'un modèle fixe (HBIM documentaire) à un environnement interactif change le rôle des utilisateurs. Qu'ils soient experts, étudiants, visiteurs ou professionnels, ils aident à donner des informations : ils posent des questions, changent, explorent et commentent le patrimoine avec des outils faciles. Le modèle du patrimoine n'est plus une simple copie numérique, mais un espace de test et de collaboration, et, par extension, un lieu politique.

Mais cette ouverture exige un engagement fort : que les choses fonctionnent ensemble. La possibilité de partager les données entre les logiciels (interopérabilité des données), de combiner les modèles créés par différentes entités, de s'assurer que les formats sont lisibles et pérennes, est la base technique d'une justice pour les connaissances. Sans cela, les modèles HBIM restent fermés aux profanes, réservés aux experts dotés des bons outils, et donc pour quelques personnes seulement. Avec cela, ils deviennent des outils numériques communs, que l'on peut partager, commenter et faire évoluer.

Le cas de Notre-Dame de Paris, après l'incendie de 2019, montre bien la nécessité de la numérisation. Comme le montre Jacquot (2024), les images numériques, qu'elles proviennent de recherches scientifiques, d'entreprises culturelles ou de la modélisation d'urgence, ne sont pas que des outils, elles ont une importance pour la société, la politique et les symboles. La remise en état de la structure en bois disparue de la cathédrale, par exemple, a nécessité l'implication d'une pluralité de compétences professionnelles (architectes, ingénieurs, artisans, organismes, médias) et de pensées (fidélité, nouveauté, communication, éducation). L'image numérique devient un espace où se cristallisent plusieurs tensions : entre l'expérience vécue et l'intention de représentation, entre la fidélité à l'original et la réinterprétation contemporaine, entre l'expertise scientifique et la sensibilité du public.

Jacquot explique que les images numériques ne servent pas seulement à montrer : elles organisent et orientent les décisions et influencent la narration future. Elles aident activement, en montrant certains éléments (la flèche, le toit, le bois), et en cachant d'autres paramètres (les relations entre les personnes autour du bâtiment, les discussions sur l'accès pour tous, les questions d'environnement sur le chantier). Elles ont donc un double pouvoir : elles aident à se souvenir, mais peuvent aussi créer une image simplifiée dans notre tête. Ce cas nous oblige à voir la modélisation numérique comme un outil de pouvoir symbolique, au même titre que les artefacts dans les musées ou les archives. La justice doit prendre en compte les points suivants : qui crée les images ? Qui les approuve ? Quelles histoires sont mises en avant ? Quels futurs sont rendus possibles ?

La difficulté entre la recherche scientifique et la communication au public est éclatante dans les exemples étudiés par Bernetière (2024) concernant le patrimoine archéologique de Vienne (Isère). Elle montre que les images créées (photos, dessins, modèles 3D) sont toujours le résultat de choix techniques, esthétiques et de façons de penser, influencés par les objectifs (recherche, mise en valeur, attrait touristique) et par les personnes impliquées (chercheurs, organismes, collectivités, prestataires). Cette diversité de représentations offre différentes façons d'évaluer. D'un côté, des images scientifiques très bien documentées ; de l'autre, des images plus jolies, conçues pour plaire à un grand nombre de personnes. Entre les deux, il y a un changement : de la preuve à l'histoire, des données à l'imagination, avec le risque de simplifier, voire de fausser légèrement la réalité.

Mais ce changement n'est pas forcément un problème, cela devient une chance si les difficultés sont acceptées, expliquées et discutées. Bernetière (2024) propose des expositions qui tendent à expliciter le processus de création d'images numériques, les doutes qui l'accompagnent et les

choix de graphismes. Une image n'est jamais neutre, elle est un compromis entre ce qu'on sait et ce qu'on veut, entre vérité et facilité d'accès. La rendre claire, c'est agir de manière juste. Le compte rendu de Jolivet (2007) sur le livre *Imaging Ancient Rome* souligne cette difficulté entre la rigueur de l'archéologie et l'efficacité visuelle. Avec des projets tels que Rome Reborn, les chercheurs créent des reconstitutions très réalistes de la ville antique, fondées sur des textes, des images et des monuments anciens. Ces représentations sont des interprétations complètes, où se rencontrent la science et la fiction, les archives et l'imagination. Il insiste sur le fait que ces images doivent être analysées en faisant preuve d'un esprit critique, en expliquant clairement ce sur quoi elles se basent, et les choix qui ont été faits. La 3D ne remplace pas l'analyse, elle la complète, en rendant plus faciles à comprendre et à manipuler des idées compliquées. Elle devient un outil d'apprentissage, un moyen de discuter, un lien entre différentes disciplines.

Cependant, les images que nous formons dans notre esprit ne doivent pas être confondues avec la réalité historique. Les organismes qui gèrent notre héritage culturel doivent prendre en compte cette différence en l'expliquant et en la montrant, pour assurer une communication honnête qui pousse les visiteurs à penser par eux-mêmes au passé. C'est ça, en fait, la justice visuelle : ne pas supprimer l'imagination, mais la rendre politique, la situer dans son contexte et permettre de la remettre en question.

L'analyse de travaux récents consacrés à la numérisation du patrimoine culturel montre clairement que les outils numériques ne constituent plus un simple complément. Ils sont devenus la base même de la conservation, les meilleurs moyens de transmettre des informations et les nouvelles possibilités de transmission des savoirs. Que ce soit des copies numériques (Wang et al., 2022 ; Menaguale, 2023), des reconstitutions immersives (Gaugne et al., 2022 ; Nicolas et al., 2018), des modèles de bâtiments interactifs (Banfi, 2021) ou des approches muséales qui incitent à la réflexion (Bernetière, 2024 ; Jacquot, 2024), tous ces éléments vont dans la même direction : changer la façon dont on comprend l'héritage culturel.

Cette mutation ne se limite pas à une simple évolution technique. Elle demande de revoir la responsabilité, qu'il s'agisse d'organismes ou de personnes. La conservation de l'héritage devient un travail partagé entre plusieurs acteurs, fondé sur des outils de collaboration, des règles claires et le partage des informations. Ce n'est plus seulement conserver des objets, mais aussi des informations, des interprétations et permettre à chacun de participer.

Ainsi, le musée n'est plus un lieu statique, mais un lieu dynamique où l'apprentissage des savoirs patrimoniaux se situe au cœur. Ce n'est plus seulement un espace d'exposition d'artefacts rares, mais un lieu de savoir ouvert aux discussions entre différentes disciplines, aux idées de la société et à l'inclusion de tous les publics en les poussant à réfléchir. C'est dans cet endroit que la justice en matière de connaissances sur notre héritage peut vraiment se faire.

La façon dont on pense à la conservation ne peut plus se limiter à la solidité des objets ni à leur stabilité physique. Il faut prendre en considération les différentes visions et réflexions, les pratiques culturelles et les opinions de chacun. Autrement dit, conserver, c'est aussi assurer l'accès aux différentes interprétations, se souvenir des savoirs oubliés et permettre de créer d'autres histoires. C'est cette capacité que l'on appelle ici justice en matière de connaissances.

Une telle perspective exige une vigilance constante sur plusieurs plans :

- **Techniquement**, il faut que les formats soient compatibles, que les algorithmes soient clairs et que l'on puisse suivre l'origine des données.
- **Socialement**, il faut que les organismes s'ouvrent à la participation du public, non seulement en tant que personnes qui reçoivent des informations, mais aussi en tant que personnes qui aident à construire les savoirs.
- **Symboliquement**, il faut faire attention aux idées que les images numériques peuvent projeter.
- Et en termes de connaissances, il faut reconnaître les savoirs moins importants, locaux ou non spécialisés, pour éviter de les faire disparaître.

Ainsi, il faut changer notre façon de voir les choses, en passant de la valorisation des objets du passé à celle des savoirs multiples qui leur sont associés. Il s'agit d'un changement majeur : autrefois présentés de manière rigide par les institutions muséales, les biens du passé deviennent aujourd'hui des objets de discussion, de mémoire partagée et d'interprétation collective. Dans ce contexte, les musées ont un rôle très important, ils ne sont plus seulement des gardiens d'objets, mais aussi des outils pour expliquer et partager des connaissances. Ils doivent pouvoir accueillir les différences entre les différents types de savoirs : scientifiques, locaux, émotionnels, communautaires et expérimentaux. Les outils numériques peuvent beaucoup aider ; cependant, il ne faut pas les idéaliser. Pour en faire bon usage, il faut donner une explication claire sur la manière dont les modèles sont créés. Il faut permettre aux gens d'ajouter des commentaires, de partager leurs idées et de donner différentes interprétations des informations.

Aussi, créer des programmes éducatifs qui relient les images aux connaissances et les formes aux contextes. Et enfin, rendre les compétences accessibles à tous, afin que les gens puissent interagir avec les modèles plutôt que de simplement les regarder passivement.

En d'autres termes, le musée numérique du XXI^e siècle ne doit pas seulement être interactif, il doit aussi encourager la réflexion. Il ne s'agit pas seulement de montrer les modèles aux visiteurs, mais de les faire participer aux discussions sur la manière dont ces modèles sont créés. C'est cette transparence qui permettra une véritable justice en matière de connaissances.

Ces questions ne concernent pas seulement les chercheurs ou les musées. Elles influencent directement les décisions du gouvernement en matière de culture. En période de crise (environnementale, économique ou identitaire), on recourt souvent au patrimoine pour renforcer les liens sociaux, la mémoire collective ou le tourisme. Il est donc très important que les projets de numérisation ne visent pas seulement à être visibles ou à utiliser les dernières technologies, mais qu'ils respectent également certaines règles relatives aux informations sur le patrimoine, en assurant la diversité, l'accès et la participation de tous.

Nous l'avons constaté grâce aux nombreuses études menées, les outils numériques n'ont pas seulement changé la manière dont on conserve, mais ils ont aussi apporté une réflexion sur l'authenticité, et sur la manière dont on s'implique dans le patrimoine. Par conséquent, notre devoir envers le patrimoine aujourd'hui ne doit plus seulement se réduire à protéger les objets, mais aussi à s'assurer qu'on puisse les comprendre, dans un monde très connecté, divisé, mais qui offre aussi de nouvelles possibilités démocratiques.

La justice liée à la connaissance du patrimoine, comme nous l'avons expliqué, est moins une situation qu'un développement, un effort continu pour rendre les choses plus diverses, pour discuter et réfléchir. C'est grâce à cet effort que les musées, les chercheurs, les organismes et le public peuvent ensemble devenir responsables de la mémoire, non pas pour bloquer le passé, mais pour rendre l'avenir vivable.

Dans cette section, nous avons abordé la responsabilité des musées dans la conservation par le numérique, l'éthique et la gestion durable, ce qui nous permet d'embrancher sur un sujet attendant qui est la transmission des savoirs par l'innovation, la pédagogie et l'intergénérationnalité.

1.3. Transmission des savoirs : innovation, pédagogie et intergénérationnalité

Réfléchir à la façon dont on partage les connaissances dans les musées immersifs, c'est changer notre vision. Plutôt que de concevoir le musée comme une institution « sachant » transmettant des informations à un public « qui reçoit », on l'envisage désormais comme un système au sein duquel plusieurs dynamiques s'opèrent simultanément : on choisit, on met en forme, on explique, on s'approprie et on change les connaissances. L'arrivée de la réalité virtuelle (VR), de la réalité augmentée (AR), de la réalité mixte (MR) et des serious games a changé l'équilibre entre la conservation, l'interprétation et la participation, à tel point que l'accès, l'engagement et la personnalisation ne sont plus de simples ajouts, mais des conditions nécessaires pour vivre l'expérience (Paliokas et Sylaiou, 2026 ; Petridis et al., 2013 ; Mortara et al., 2014). Dans ce contexte, la transmission ne se limite plus à transmettre fidèlement un contenu depuis une source originelle, Elle se conçoit désormais comme une démarche fondée sur les relations, inscrite dans un contexte et médiée par des outils, ce qui redéfinit les cadres d'interprétation et interroge la responsabilité patrimoniale des institutions. Le passage à des environnements hybrides entre virtuel et réel, s'accompagne de questions éthiques fondamentales : qui parle ? au nom de qui ? avec quelles informations ? et pour quelles utilisations ? (Nofal et al., 2017 ; Loscos et al., 2004).

En réalité, on relève une certaine tension : d'un côté, l'objectif d'ouvrir et de faciliter l'accès au patrimoine, d'améliorer la capacité d'attention et de compréhension, de susciter une participation active, même entre les générations ; de l'autre, le risque de remplacer la complexité de la réalité par des illusions attrayantes, de maintenir des inégalités en matière de connaissances, voire de faire passer des histoires incomplètes pour des vérités (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019). C'est dans cette tension que se situe la « responsabilité » des musées immersifs : une responsabilité liée à la connaissance (qualité, exactitude, mise en contexte), à la société (inclusion, équité), à la technique (gestion des informations et des algorithmes) et à l'esthétique (exposition, présentation et effets d'attraction).

Certains problèmes se posent, notamment celui de ne pas prendre parti. On peut se demander si simplifier l'information dans le but de faciliter l'accès ne va pas impacter et modifier le savoir. Nous avons abordé la qualité, la justesse et la remise en contexte ; cependant, les narrations autour des artefacts numériques dans l'environnement du musée immersif ne subissent-elles pas des modifications par la main de l'Homme (ingénieurs, historiens, employés du musée, etc.)

à l'origine de la conception de ces installations ? Les musées immersifs, qui visent à simplifier les savoirs et leur compréhension, tiennent compte des opinions, des niveaux intellectuels et des modes de pensée des visiteurs avant la création du dispositif, afin de donner de l'intérêt au dispositif et à son contenu. Les concepteurs vont utiliser les sentiments, les histoires, la participation pour aider les visiteurs à retenir et à s'approprier les savoirs diffusés. Cependant, bien qu'elle renforce l'immersion du visiteur, cette approche peut aussi induire, de manière intentionnelle ou involontaire, une orientation ou une manipulation des savoirs perçus. La question de ne pas prendre parti devient alors centrale : les installations immersives ne sont jamais neutres, car elles sont créées par des individus (historiens, ingénieurs, décorateurs) qui choisissent, comprennent et racontent des histoires à leur manière pour ensuite les transmettre.

Comme l'observe Berreby (2020), un lieu où l'on discute devient un lieu où l'éthique et l'argumentation se rencontrent. Dans cette idée, Roselyne Koren explique la question de l'éthique de l'information en affirmant que toute communication est influencée par des jugements de valeur, même lorsqu'elle se présente comme objective. Elle distingue les jugements qui aident à comprendre, des jugements qui cherchent à diriger ou influencer. Cette distinction est nécessaire dans un musée, lorsque les choix de ce qui est raconté ne sont pas expliqués, ils peuvent devenir une façon cachée d'imposer une idéologie. Les images, la décoration, les mots choisis ont une grande influence sur la façon dont on reçoit et comprend les choses. Donc, comme le souligne Koren (2023), l'éthique de l'information oblige à reconnaître et à accepter que toute communication a une part de valeurs, même dans les lieux culturels. C'est seulement en acceptant de réfléchir à cela, en refusant les idées fixes, que les musées peuvent devenir des lieux où l'on partage des savoirs, où l'on critique et où l'on est libre de penser. Au lieu d'être simplement un outil de simplification, le musée immersif devient un lieu où l'on discute du savoir, des valeurs et des responsabilités envers la société.

L'idée de ne pas prendre parti dans la transmission ou l'analyse du savoir, que ce soit dans le domaine scientifique ou dans un musée, semble impossible. L'argumentation, en tant que langage, est toujours influencé par des valeurs. Comme le montre Roselyne Koren (2019) et les installations immersives dans les musées, on ne peut pas séparer ce qui est dit de l'éthique : cela oblige le narrateur à faire des choix quant à la manière de comprendre les informations, ce qui a un impact sur la manière dont on voit et comprend le monde.

Les musées virtuels, également appelés musées immersifs, qui s'inspirent du « *musée imaginaire* » de Malraux, se caractérisent par la suppression des contraintes liées à la présence physique, l'expansion des formes de consultation des œuvres et la diffusion mondiale des collections numérisées (Sylaiou et al., 2009). Ils conservent les fonctions principales des musées (acquérir, conserver, étudier, exposer) tout en ajoutant l'interactivité, la personnalisation et la mise en scène en réseau. L'essor du Web3D, de la VR/AR et des appareils mobiles a renforcé cette tendance vers des expositions plus accessibles, des objets manipulables et des parcours adaptables. La principale limite reste la réalité matérielle des objets, aucune simulation ne peut reproduire complètement le poids, l'odeur, l'aspect vieilli, la résistance d'un matériau, ce que montrent les études sur le toucher, qui sont à la fois prometteuses et limitées sur le plan technique (Loscos et al., 2004).

Cette idée du physique et du virtuel façonne l'arrivée du « *musée agrandi* », où le lieu historique, les outils en ligne et les jeux créent une suite d'expériences. Des exemples importants (Herbert Virtual Museum ; Priory Undercroft) montrent qu'une application sur téléphone, des informations numériques liées au lieu et un jeu éducatif incluant une histoire, construisent une présentation qui dépasse le temps et l'espace de la visite (Petridis et al., 2013). De plus, le rôle du visiteur change, il passe de simple spectateur à explorateur, et de personne qui reçoit des informations à participant actif. La façon de transmettre l'information est donc différente, elle est moins à sens unique, plus basée sur l'expérience, et répartie sur une longue période (avant, pendant et après la visite).

Les environnements immersifs utilisent des méthodes d'apprentissage par l'action. La réalité virtuelle proche des musées (Clini et al., 2018) utilise la manipulation directe d'objets numériques ; la réalité augmentée sur place aide à comprendre un détail architectural ou une période historique (Allal-Chérif, 2022) ; la réalité mixte avec projection utilise l'espace réel (maquette) pour révéler une histoire locale (Nikolakopoulou et al., 2022). D'un point de vue éducatif, on peut retenir deux idées principales :

1. **L'importance de l'histoire et l'intérêt du contexte : l'environnement** doit avoir un sens (Mortara et al., 2014). Une présentation impressionnante visuellement mais pauvre en informations ne permet pas un apprentissage durable.
2. **L'interaction facile à comprendre et simple à utiliser** : la conception de l'interface influence la difficulté de compréhension ; le bon geste, la réponse claire et le retour

rapide aident à se concentrer et permettent de progresser (Mortara et al., 2014 ; Damiano et al., 2008).

En plus de ces deux idées, les approches théâtrales ajoutent la force d'une histoire personnelle. L'ajout d'un avatar numérique ou d'un personnage audio, guide avec ses propres intentions, des problèmes et une mémoire des interactions, permet d'organiser les informations en actions et de changer le rythme, les types de communication (information, directive, contact) et le niveau de détail (Damiano et al., 2008). Apprendre en racontant (c'est-à-dire apprendre en suivant, mais aussi en modifiant une histoire) s'intègre alors à apprendre en interagissant, créant des parcours qui s'adaptent au niveau, à l'âge et aux centres d'intérêt. Cette approche est très efficace pour les échanges entre générations : on se met d'accord sur une histoire commune, mais chacun y trouve sa propre façon de participer (jeu, enquête, observation, artisanat).

Quand il s'agit de patrimoine culturel immatériel (PCI), la transmission nécessite la présence des gestes, des rythmes, des voix, des sensations... c'est à dire une expérience collective vivante. Les musées ont souvent eu du mal à intégrer cette expérience dans l'exposition, les technologies immersives offrent des solutions intéressantes, à condition de ne pas réduire l'immatériel à de simples effets (Khan et de Byl, 2011 ; 2013). Les prototypes d'apprentissage augmenté combinant la réalité augmentée et la détection de mouvement (Kinect) montrent que les jeunes apprennent plus facilement en effectuant des activités qui font appel au corps, même si les limites techniques (précision des gestes, rotation du poignet) rappellent qu'il faut rester réaliste dans les promesses (Khan et de Byl, 2013).

L'échange entre les générations, va au-delà du changement de contenu pour l'adapter aux enfants. Cela requiert des modes d'action permettant d'exprimer et de partager des savoirs pratiques, des astuces et des savoir-faire, souvent détenus par des personnes âgées. Les modalités de présentation des Artisanats du patrimoine (AP) proposent une bonne méthode : bien noter les aspects concrets et abstraits (images en 3D, enregistrement des mouvements, classements) pour créer des histoires qui relient les gestes, les outils, les vies, les situations sociales et économiques (Partarakis et al., 2020). La présentation ensuite (réalité augmentée, réalité mixte, personnages virtuels) ne se contente pas de « montrer », elle encourage à pratiquer, essayer les gestes, choisir les matières, tester et se tromper, ce qui permet de transmettre les informations autrement que par le simple fait de voir et comprendre.

Cette importance grandissante des technologies ne fait pas disparaître la question de savoir ce qui est vrai, elle la rend plus compliquée. Ce qui est vrai n'est pas la ressemblance parfaite d'une copie avec l'objet de départ, chose impossible en théorie et en pratique, mais la qualité des liens : les sources utilisées, les étapes de transformation, l'explication des idées de reconstitution, la façon dont les choix graphiques et narratifs sont suivis. Dans les musées immersifs, la vérité repose sur un accord : ce que le système promet, la façon dont il explique ses limites, ce qu'il permet de vérifier (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019).

En interrogeant la notion de vérité, vient le besoin de justice dans les connaissances : éviter de ne pas croire certaines personnes (décrédibilisation de certaines voix) et les erreurs d'interprétation (points faibles des façons de comprendre). Les projets sur les cathédrales (Notre-Dame, Exeter, Séville) montrent que la réalité virtuelle/augmentée et l'intelligence artificielle peuvent à la fois conserver, analyser (HBIM, repérage des fragilités), raconter et ouvrir l'accès, même quand le lieu est fermé, mais ils rappellent aussi que le choix des sources, l'importance donnée aux histoires et la personnalisation par ordinateur, sont des actions qui dépendent d'opinions (Allal-Chérif, 2022). Créer des parcours différents, publier l'origine des données, accueillir des « *contre-récits* » (groupes de personnes qui pratiquent, minorités liées au patrimoine, visiteurs qui connaissent bien le quotidien) devient une part entière de la responsabilité des musées immersifs (Nofal et al., 2017).

La méthode « *phygitale* », l'intégration du numérique dans les objets et les utilisations, met l'accent sur les conditions d'interaction. Deux idées importantes guident la conception, d'une part, la capacité physique (formes qui invitent à agir) et d'autre part, la dépendance au contexte pour comprendre le sens (Nofal et al., 2017). Les trois catégories proposées (augmentée, intégrée, actionnée) montrent une intimité croissante entre le numérique et l'objet patrimonial. La réalité augmentée utilisable directement dans le lieu, simple ajout, prolonge l'explication, l'intégration concrète (capteurs, interfaces réelles) donne au geste une force narrative, l'actionnement transforme l'objet lui-même en interface. Chacune pose des choix éthiques : conservation, solidité, coûts, inclusion (difficultés d'accès au matériel), compréhension facile des interactions.

Il est essentiel que les textes soient intelligibles, car les gens ont des compétences, des raisons et des modes d'action différents. Même si la réalité augmentée sur téléphone peut aider à simplifier l'accès (Al-Jabri et al., 2023), elle peut aussi empêcher certaines personnes d'y accéder (à cause des modèles de téléphone ou de la connexion internet). Il faut donc prévoir

plusieurs modalités d'accès en amont : prêter du matériel, proposer des modes hors ligne, répéter les informations de plusieurs manières (avec du texte, du son, la langue des signes, une description audio), proposer différents niveaux de difficulté et créer des interfaces simples qui ne soient pas destinées aux gens expérimentés, mais à des enfants. Il est important de penser à cela avant de concevoir une nouveauté.

Les types de systèmes proposés par Sylaiou et al. (2009) vont des simples catalogues améliorés aux environnements virtuels que l'on peut explorer (Web3D, VR/AR). L'idée est de réduire les coûts, les risques de casse et les problèmes de place, de rendre les expériences plus intéressantes grâce à l'interactivité et de permettre à tout le monde d'y accéder. Cependant, il y a des limites : on ne peut pas vraiment ressentir les éléments (comme le toucher, l'odeur ou la taille), cela comporte le risque d'une décontextualisation (l'objet est séparé de son origine et de son utilité sociale) et d'uniformisation (les graphismes sont tous pareils et on oublie les incertitudes scientifiques). Il y a donc deux règles importantes à respecter :

1. **La traçabilité épistémique** : il faut expliquer d'où viennent les informations, comment elles ont été obtenues (photogrammétrie, scan, HBIM), les marges d'erreur et les différentes versions (Clini et al., 2018).
2. **Les contrats d'usage** : il faut expliquer ce que l'expérience ne montre pas (tout dans les détails), pour que les gens ne pensent pas qu'elle est complète (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019).

Le Museum of Pure Form met en avant un nouveau type d'approche qui ajoute le toucher, permettant de palper et de ressentir (Loscos et al., 2004). L'utilisation d'une salle CAVE avec un exosquelette qui permet de toucher à deux endroits, montre à la fois les avantages (l'engagement, le plaisir de toucher ce qui est interdit) et les inconvénients (l'intimidation, la complexité, l'entretien et les limites du réalisme). On peut donc en conclure que l'innovation est une bonne chose si elle maîtrise ses propres effets, c'est-à-dire si elle est à la fois capable de créer une image forte et de fixer des limites.

Les exemples de Notre-Dame, Exeter et Séville montrent que les différentes méthodes sont complémentaires : le HBIM pour connaître les détails (repérer les points faibles, documenter), la réalité augmentée pour améliorer l'expérience sur place (voir les différentes époques, les détails cachés) et la réalité virtuelle pour permettre l'accès même quand on ne peut pas être présent (Allal-Chérif, 2022). Ce qui relie ces méthodes, c'est la narration, il ne s'agit pas

seulement d'informer, mais de faire ressentir l'importance sociale et spirituelle des bâtiments. D'un point de vue moral, il faut tout de même porter une vigilance à trois choses :

1. **L'équité d'accès** : si la réalité virtuelle permet d'accéder à distance, il faut aussi proposer des versions plus simples (sites web, vidéos à 360°, textes) pour que tout le monde puisse en profiter (Allal-Chérif, 2022).
2. **La transparence reconstructrice** : il faut bien faire la différence entre ce qui est sûr, ce qui est supposé et ce qui a été reconstitué, surtout pour les parties qui ont disparu.
3. **La pluralité des regards** : il faut tenir compte de l'avis des voyants et des non-voyants, des habitants du quartier, des artisans qui restaurent le bâtiment, et proposer différentes façons de découvrir le lieu (aspects techniques, historiques ou spirituels).

Les écrits sur les jeux éducatifs liés au patrimoine montrent deux points importants, un cadre qui a du sens et une façon de jouer facile à comprendre (Mortara et al., 2014). Les exemples concernant l'Agora d'Athènes (Kontogianni et Georgopoulos, 2015a ; 2015b ; Kontogianni et al., 2017 ; Georgopoulos et al., 2017) témoignent d'une évolution des dispositifs de visite virtuelle, passant des reconstitutions historiques (avant/après) à des formes ludiques de questionnement, puis à des musées virtuels tridimensionnels offrant une manipulation directe des espaces et des objets. Les retours des utilisateurs (Petridis et al., 2013) sont « *très positifs* » puisque d'après eux, le jeu par son aspect ludique, permet de faciliter l'apprentissage, la compréhension et à situer le sujet dans un contexte clair.

Cependant, trois problèmes subsistent :

1. **Une focalisation excessive sur le jeu** : Le jeu prend le pas sur l'objet, conduisant à une simplification excessive des contenus.
3. **Information excessive** : des menus compliqués, plusieurs choses à la fois.
4. **Une seule histoire** : une seule façon de narrer, ce qui cache la diversité des points de vue.

L'ajout de figures virtuelles représentant des porteurs de mémoire, des artisans ou des narrateurs du patrimoine immatériel contribue à renforcer la dimension humaine de l'expérience, en restituant la présence par le langage, le regard et les gestes (Karuzaki et al., 2021). La méthode proposée, qui consiste à créer des modèles 3D (Character Creator), à enregistrer les

mouvements (Rokoko), à utiliser une voix humaine et à synchroniser les lèvres (Salsa), cherche à trouver le bon équilibre entre réalisme et coût pour les organismes culturels. Ne pas chercher à enregistrer tous les détails du visage des conteurs (expressions simples, textes modifiables) est une leçon importante : dans un musée, le « bon réalisme » n'est pas d'avoir la meilleure technique, mais de bien correspondre au rôle, au budget et à la possibilité de changer le contenu.

Les installations SAR/MR sur des maquettes (Nikolakopoulou et al., 2022) offrent une autre viabilité de l'histoire à travers la projection iconographique dans un environnement réel (village miniature) qui permet de relier le patrimoine bâti et les activités (fabrication du mastic), par le biais d'objets tactiles. Avec une histoire narrée en deux langues et des sons d'ambiance, l'expérience se conclut par une synthèse interactive qui aide à retenir les informations et à relier les différents aspects (histoire, société, technique). C'est un très bon exemple de « *learning by synthesizing* » (Nikolakopoulou et al., 2022).

Les Musical Digital Assets (MDA) élargissent la manière de transmettre la culture en rendant accessibles des enregistrements, des partitions numérisées, des informations et des reconstitutions sonores, grâce à des plateformes faciles à utiliser, sur lesquelles chacun peut participer (Di Paola et al., 2024). Le défi est double : conserver (formats, règles, durée) et activer (écoute immersive, remixage, ajout de notes, contribution). La musique, en tant que symbole d'identité, s'y prête bien : les communautés éloignées peuvent retrouver des morceaux rares, l'auditeur devient acteur. La transmission ne se fait plus seulement par un spécialiste, mais par un ensemble de personnes qui utilisent la musique de manière créative.

La manière dont les jeux vidéo anciens sont préservés, en faisant attention à l'ambiance (Esposito, 2005 ; 2008), nous apprend quelque chose de plus général sur les musées. Cela nous rappelle que l'environnement social et matériel dans lequel nous utilisons ces jeux est indispensable à notre mémoire collective. Entreprendre une réflexion collective sur les éléments mémoriels, lumière, environnement sonore, organisation spatiale, les structurer en typologies distinctes, puis les reconstituer par le biais de la réalité virtuelle et relier ces endroits aux jeux eux-mêmes dénote une approche pour d'autres domaines. La transmission de connaissances devient plus précise et liée à un contexte, et non juste une façon simple de diffuser des informations déstructurées.

Le fait de numériser les artefacts n'est pas juste une action technique sans importance, c'est une série de choix qui changent les objets, les actions et les lieux en éléments immatériels utilisables

pour expliquer, étudier et apprendre. Et chaque étape de ce processus, obtenir les données, les traiter, créer des modèles, les rendre plus efficaces, les assembler, les montrer au public et les entretenir, implique des choix qui affectent la qualité, la clarté, la facilité d'accès et la durée de vie des informations (Clini et al., 2018).

Que l'on utilise des photos pour créer des modèles 3D, des scanners laser ou des enregistrements audios de haute qualité, la façon dont on règle les paramètres (résolution, distance de prise de vue, nombre de photos, couleurs, qualité du son) fixe une limite à la quantité de détails que l'on pourra montrer et enseigner plus tard. Si cette limite est trop basse, on ne verra plus les petits défauts (usure, marques du temps, accidents) qui ont leur importance pour comprendre l'histoire de l'objet. À l'inverse, si elle est trop haute, les modèles seront trop lourds, coûteront plus cher à traiter et pourraient être difficiles d'accès (débit internet, compatibilité). La bonne résolution dépend du contexte, de la façon dont on veut utiliser les modèles (sur place, sur internet, en réalité virtuelle, avec des projections spéciales), des appareils que l'on possède (casques, téléphones) et de la façon dont on veut les partager (formats, possibilités de réutilisation) (Clini et al., 2018).

La modalité de simplification des modèles 3D, qu'il s'agisse de la réduction du nombre de faces, de l'application de textures (normal maps, ambient occlusion), de l'utilisation de textures PBR ou encore de la division des scènes (level streaming), influence la manière dont ces modèles peuvent être utilisés dans les logiciels de création de jeux (Unity, Unreal) ou publiés en 3D sur internet. Ici, l'enseignement est lié à la capacité des ordinateurs. En effet, un modèle parfait mais impossible à utiliser n'apprend rien. Les études sur les jeux vidéo éducatifs montrent qu'il est au moins aussi important d'avoir une interaction fluide et une réponse rapide que d'obtenir le plus de réalisme possible (Mortara et al., 2014 ; Petridis et al., 2013 ; Kontogianni et al., 2017). Le choix de rendre les modèles plus efficaces est donc important : quels détails garder (traces d'outils, joints de maçonnerie) et lesquels simplifier sans fausser la compréhension ?

Utiliser un élément numérique dans un projet de réalité augmentée, de réalité virtuelle ou une installation virtuelle (hybride ou totale) nécessite d'être très clair sur certaines choses : d'où viennent les informations, quelles versions sont utilisées, le niveau d'incertitude, les autorisations pour réutiliser les données, et la clarté des informations éducatives (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019). Cette clarté se retrouve dans des panneaux d'informations numériques qui évoluent, des historiques de versions que tout le monde peut consulter et des indications visuelles qui montrent clairement ce qui est supposé. En expliquant

les choses de cette façon, la numérisation devient une preuve que l'on peut remettre en question, et non une vérité absolue que l'on voit.

La capacité à maintenir les aspects techniques n'est pas juste une question administrative, mais une base essentielle pour agir de manière responsable. Agir de manière responsable sur le plan technique implique d'utiliser des formats ouverts, d'établir des règles de conservation des données (copies de sauvegarde, vérifications régulières), d'assurer la mise à jour des logiciels et de fournir des explications accessibles à ceux qui ne sont pas experts. La capacité à maintenir ces aspects techniques ne relève pas seulement de la gestion administrative, mais constitue une base essentielle d'une pratique responsable. Le coût total d'utilisation des expériences immersives comprend l'entretien des éléments (3D, audio, scénarios) et la mise à jour des éléments nécessaires ; sinon, la capacité à transmettre l'expérience diminue en raison de problèmes de compatibilité (Clini et al., 2018). C'est là que l'utilisation de normes (métadonnées, modèles) rejoint la nécessité de pouvoir faire fonctionner ensemble différents outils de modélisation (Di Paola et al., 2024).

Les discussions sur la question de savoir si les expériences numériques sont authentiques se bloquent souvent sur l'idée simpliste que quelque chose est soit vrai, soit faux. Mais, pour que la médiation soit faite de manière responsable, il faut considérer l'authenticité comme une relation, ce qui est authentique, ce n'est pas qu'une copie ressemble parfaitement à l'original, mais que les liens entre les données, les hypothèses, les transformations et les contextes d'utilisation soient fiables (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019). Il est essentiel d'utiliser trois outils.

Faire la différence entre ce qui est prouvé (source de base, mesure), ce qui est probable (déductions solides), ce qui est supposé (reconstruction logique) et ce qui est inventé (embellissement de l'histoire) améliore la compréhension et la confiance. Utiliser des moyens visuels simples, comme des couleurs différentes, des textures variées ou des effets visuels superposés, avec des fenêtres qui s'ouvrent pour expliquer la nature de la preuve, permet d'éviter de donner l'impression d'être sûr de quelque chose (Clini et al., 2018 ; Petridis et al., 2013).

Il est acceptable de ne pas tout savoir, mais il faut le montrer. Les expériences en réalité virtuelle ou augmentée peuvent inclure une option spéciale de regarder de près, qui permet de passer facilement d'une version à l'autre, de montrer l'origine des informations (plans, photos, scans) et même de comparer différentes idées. Pour les monuments compliqués (ceux qui ont subi des

catastrophes ou des restaurations), une ligne du temps interactive montre comment ils étaient avant, les dégâts qu'ils ont subis et les travaux qui ont été faits (Allal-Chérif, 2022).

L'authenticité a plusieurs aspects : ce qu'on peut toucher (textures, formes), le contexte (utilisations, fonctions), la façon dont les choses se font (gestes, sons) et ce qu'on ressent (valeurs, attachements). Les projets qui se concentrent sur le patrimoine culturel immatériel (Khan et de Byl, 2011 ; 2013 ; Partarakis et al., 2020 ; Karuzaki et al., 2021) nous rappellent que faire les bons gestes et raconter une histoire cohérente sont aussi importants que d'être précis dans les mesures. Il faudrait qu'il y ait des règles d'authenticité propres à chaque projet, écrites et rendues publiques, qui expliquent les différents aspects à prendre en compte et les compromis qui ont été faits.

La justice dans la façon dont on partage les connaissances (éviter de ne pas croire ou de mal comprendre ce que les gens racontent) est l'aspect éthique le plus important pour une transmission responsable. Les environnements immersifs ont un grand pouvoir pour convaincre ; il faut donc qu'ils présentent beaucoup d'histoires différentes et qu'on puisse les remettre en question (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019).

Pour un lieu religieux, on peut inclure les voix des personnes qui y célèbrent des cérémonies, celles des experts (architectes, restaurateurs), des habitants, des touristes et des critiques (qui sont contre les images religieuses ou qui critiquent la façon dont le lieu est utilisé). Pour un savoir-faire artisanal, on peut inclure les voix des maîtres, des apprentis, des fournisseurs, des clients, des chercheurs et des politiciens (Partarakis et al., 2020). Cette façon de voir les choses permet de créer différentes histoires possibles, le visiteur peut alors choisir, comparer ou suivre un parcours qui mélange plusieurs points de vue. Si un programme informatique choisit ce que le visiteur voit en fonction de ce qu'il pense savoir de lui, cela peut limiter ses découvertes. Il vaut mieux que le visiteur puisse facilement changer de point de vue en cliquant sur des options telles que : « *Voir d'autres points de vue* », « *Voir ce que pensent les artisans* » ou « *Comparer les différentes idées* ». Les règles utilisées pour personnaliser l'expérience (limites, sources d'information) doivent être expliquées et vérifiées (Allal-Chérif, 2022 ; Nofal et al., 2017).

Des ateliers où tout le monde participe, la possibilité d'écrire des commentaires sur des modèles 3D et la collecte de souvenirs (comme le faisait Esposito pour les jeux vidéo) permettent de rassembler des connaissances locales et des savoirs non écrits (Esposito, 2005 ; 2008). On peut ensuite vérifier ces informations en demandant l'avis de différents groupes (experts scientifiques, personnes qui utilisent les lieux) et en affichant des étiquettes sur place («

témoignage d'atelier », « mesure scientifique », « reconstitution »). Les trois aspects à prendre en compte : réalité augmentée, réalité intégrée et action (Nofal, Reffat et Vande Moere, 2017) nous encouragent à penser à l'accessibilité dès le début. Une expérience qui mêle le monde réel et le monde numérique est réussie si elle est facile à aborder sans pour autant être simpliste.

Il faut pouvoir proposer des applications de réalité augmentée simples, qui fonctionnent sans connexion internet (en téléchargeant les informations sur le Wi-Fi du musée), des bornes en libre-service et des appareils à emprunter pour éviter que les gens ne soient bloqués par le manque d'équipement (Al-Jabri et al., 2023). Pour la réalité virtuelle, il est important de proposer des vidéos à 360° que l'on peut regarder assis pour les personnes qui ont facilement la nausée, ainsi que des commandes simples (téléportation, réglage de la vitesse) (Clini et al., 2018).

Il faut aussi proposer des sous-titres, une description audio, une traduction en langue des signes, des contrastes élevés, des polices faciles à lire, des symboles simples et la possibilité de choisir le rythme (mode « lent » ou « rapide ») pour que tout le monde puisse profiter de l'expérience. Dans les installations de réalité augmentée et robotique (Nikolakopoulou et al., 2022), il est plus facile de comprendre en manipulant des objets réels aux formes claires et qui produisent des sensations (clics, vibrations). Pour le patrimoine culturel immatériel, il est préférable de proposer des modes d'emploi (reproduction lente d'un geste, pauses) plutôt que des défis chronométrés (Khan et de Byl, 2013).

Des aperçus web gratuits (courts extraits, petits jeux), des visites sur place plus rapides, et des contenus après la visite (personnages virtuels qui racontent des histoires, moyens d'accès aux données) créent une période plus longue (Petridis et al., 2013). On change d'une demande de « tout, tout de suite » à une façon de gérer l'attention qui respecte les rythmes des familles et des écoles.

Utiliser des systèmes de données qui interagissent entre les objets 3D, les documents et les enregistrements (noms, créateurs, façons de faire, dates, versions, autorisations, origines) relie le musée à des systèmes ouverts. Pour classer les mouvements (PCI), il faut des façons de catégoriser spécifiques (types de mouvement, outils, situations) comme le proposent les modèles pour les sciences humaines et sociales (Partarakis et al., 2020).

L'ouverture n'est pas toujours la meilleure solution pour certains objets (sacrés, importants, liés à l'identité), on préfère des autorisations limitées, ou même des accès spéciaux négociés avec les communautés. L'ouverture doit protéger la parole des personnes concernées sans en faire un objet de musée (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019). Au contraire, la diffusion pour l'éducation est plus efficace avec des autorisations libres qui aident à la réutilisation à l'école et à la création (Mortara et al., 2014).

La gestion est possible seulement si les équipes (conservateurs, médiateurs, techniciens, éducateurs) ont toutes des connaissances de base en numérique : savoir lire un rapport de scan, comprendre comment fonctionne un logiciel, négocier une autorisation, régler une expérience. Les projets impliquant des personnages virtuels (Karuzaki et al., 2021) et la réalité augmentée (Nikolakopoulou et al., 2022) montrent l'intérêt d'outils peu onéreux (capture de mouvement, logiciels pour faire parler les personnages) qui réduisent la dépendance à un seul fournisseur.

Les serious games efficaces montrent une progression claire : des leçons, des défis de plus en plus difficiles, des aides (indices, explications après une erreur), des essais qui encouragent l'apprentissage (Kontogianni et Georgopoulos, 2015a ; Mortara et al., 2014). Dans un musée, ces étapes se traduisent par des niveaux que l'on peut choisir (découverte, approfondissement, expert) et des écrans qui résument et relient les actions à des idées (dates, sources, débats).

Pour des publics d'âges différents, utiliser plusieurs moyens de communication est essentiel : texte court, son expressif, image de qualité, mouvements (Kinect, manettes), son ambiant adapté au contexte. C'est la cohérence de ces moyens, plus que leur quantité, qui permet de comprendre. Les installations de réalité augmentée (Nikolakopoulou et al., 2022) et les personnages virtuels qui racontent des histoires (Karuzaki et al., 2021) sont de bons exemples : une maquette réelle, des images qui racontent une histoire, une voix qui semble réelle.

La méthode *DramaTour* (Damiano et al., 2008) montre qu'un personnage avec des intentions, des problèmes et une mémoire qui interagit rend la visite plus intéressante que simplement donner des informations. Les actions (parler pour le contact, donner des ordres, informer) permettent de changer le rythme et de s'adapter aux réponses du visiteur. Le problème (entre guide officiel et conteur d'histoires) montre comment la scénographie attire différents publics, y compris les adolescents et les jeunes adultes. Des ateliers de conception partagée avec des enfants, des ados, des parents, des grands-parents et des animateurs montrent des points communs importants pour que ce soit facile à utiliser (la possibilité d'explorer sans se perdre, la chance de revenir en arrière, la sauvegarde d'un parcours que l'on peut partager) et des

différences (comment on préfère contrôler, combien de texte on veut). Les résultats d'évaluations rapides (Petridis et al., 2013) confirment qu'il est bien de faire des tests rapidement et fréquemment pour adapter la difficulté.

Nous pouvons tout de même dresser un tableau pour voir les risques possibles à long terme et les contre-mesures qui viennent balancer contre ces problématiques :

Risques	Contre-mesures
Trivialisation (gamification dominante)	Contrôle scientifique continu et chartes de vraisemblance (Mortara et al., 2014).
Sur-personnalisation (bulles)	Commutateurs de perspectives, « modes critiques » (Barrado-Timón et Hidalgo-Giralt, 2019).
Obsolescence	Formats ouverts, plan de maintenance, documentation (Clini et al., 2018).
Exclusion (équipement)	Prêt d'appareils, offline, bornes (Al-Jabri et al., 2023).
Fétichisation du réalisme	Valoriser narration incarnée, gestes et ambiances (Karuzaki et al., 2021 ; Esposito, 2005 ; 2008).

1.4. CONCLUSION DE LA SECTION

À la fin de cette étude, l'innovation immersive apparaît comme un outil puissant pour soutenir une idée plus grande : la transmission dans les musées d'aujourd'hui n'est ni un simple envoi d'informations, ni une présentation rigide, mais un échange collectif et ouvert à la discussion où se rencontrent des faits précis, une histoire vivante et des opinions diverses. Les musées virtuels, les grandes reproductions, les jeux éducatifs, les structures, les installations, les outils tactiles et les collections d'ambiances ont pour but d'enseigner en faisant ressentir et en aidant à comprendre en permettant d'examiner les preuves.

Ici, être responsable n'est pas seulement une question de morale, mais fait partie de la façon dont les choses sont organisées. Cela se voit dans la façon dont les informations sont transformées en numérique (choix précis, explication des changements), dans la présentation (signes de doute, comparaison des histoires), dans l'interaction (facilité d'utilisation, accès simple), dans l'évaluation (mémorisation, équité) et dans la gestion (normes, autorisations, autonomisation). On le voit aussi dans la capacité des expériences à accueillir différents types de personnes, à reconnaître des connaissances souvent oubliées et à partager le pouvoir d'interprétation.

C'est à ce prix, en étant honnête dans la présentation des preuves et en valorisant la diversité, que les musées immersifs pourront, à long terme, contribuer à la transmission des connaissances entre les générations et à confirmer leur rôle dans la diffusion de la culture à l'ère numérique.

Nous avons pu brasser bon nombre d'informations sur les inégalités sociales, la responsabilité des musées et les nouvelles formes de transmission du savoir dans cette partie. Cela nous permet d'embrancher sur les nouvelles formes de médiation culturelle des musées et l'accessibilité de ces derniers dans la section suivante.

SECTION 2 : Médiation culturelle et accessibilité des publics en difficulté

2.1. Une médiation inclusive : penser l'accès universel

Penser à rendre les expériences de musée immersifs accessibles à tous, ce n'est pas seulement ajouter des options pour aider les personnes ayant des besoins particuliers dans les activités déjà disponibles. Il faut plutôt changer la chose la plus importante dans la façon dont on explique les choses, en passant des objets et du musée lui-même aux façons dont les gens utilisent ces expériences, à leurs diverses capacités et aux nombreuses histoires des personnes et des groupes. Ce changement se produit de trois façons : (1) au lieu d'ajouter des solutions pour l'accessibilité à la fin, il est essentiel de penser à une conception universelle dès le début ; (2) il faut accepter que les différences neurologiques et sensorielles sont des variations humaines normales ; (3) il faut considérer que le musée a la responsabilité de montrer et de raconter des histoires de manière inclusive, autant que de rendre les choses techniquement accessibles. Les technologies immersives (réalité virtuelle, augmentée ou mixte, robots sociaux, environnements virtuels où l'on peut collaborer) contribuent à ce travail en trois parties lorsqu'elles sont conçues et gérées avec les personnes concernées. (Hutson et Hutson, 2022)

On peut parler de rendre accessible ce qui ne l'est pas dans les musées, mais aujourd'hui, les outils de réalité mixte offrent une façon particulièrement intéressante de rendre accessible le patrimoine difficile à visiter. Un système récent combine une visite guidée que l'on peut effectuer à son propre rythme et une visite collective en parallèle, avec des avatars virtuels pour chaque visiteur, des entrées virtuelles dans les lieux, une météo et une lumière qui changent, une localisation géographique et un fonctionnement sans GPS à l'intérieur. Testé sur des copies numériques (église en bois de Pyhämaa ; musée-bibliothèque Víctor Balaguer), il a suscité un grand intérêt et une forte immersion, tout en mettant en évidence certaines limites (précision du GPS, absence de sensations tactiles, groupe de test pas assez varié). L'avantage principal est de combiner la présence sociale et l'adaptation individuelle : la RM ne se contente pas de « *montrer* », elle permet de visiter et d'interpréter ensemble, ce qui aide à apprendre et à inclure. (Chrysanthakopoulou et al., 2025)

Cependant, pour que l'accès soit vraiment pour tout le monde, il faut tenir compte des effets physiques des immersions. Les problèmes comme les nausées, les troubles oculaires et la désorientation sont plus courants avec les casques de réalité virtuelle qu'avec les écrans fixes ou les salles de réalité. Ne rien faire aggrave le malaise, tandis qu'interagir activement le réduit, sans que la luminosité ambiante ait un effet important. Il est donc conseillé de proposer des actions courtes, des points d'attention stables et des options de contrôle (vitesse, champ de vision, téléportation ou déplacement libre) pour limiter ces effets indésirables, en tenant compte des différences entre les individus. (Sharples et al., 2008)

L'idée que plus on parle, plus on apprend n'est pas toujours vraie, même si l'on manifeste un plus grand intérêt lorsqu'on s'exprime, on n'a pas toujours de meilleurs résultats. Il convient donc de concevoir des dispositifs favorisant un équilibre mental et cognitif (être attentif, avoir des buts clairs, avoir des retours simples), notamment dans les récits immersifs, à l'image des jeux vidéo (par exemple, entrer dans le rôle d'un globule blanc pour apprendre l'immunologie). (Zhang, Bowman et Jones, 2019)

L'utilité d'une technologie dépend aussi de sa facilité de son utilisation. En effet, des outils pour apprendre en réalité virtuelle sur téléphone (Google Cardboard) permettent de regarder, de narrer des histoires, d'explorer et découvrir, que les experts peuvent changer et surveiller en même temps. On a donc moins besoin de mouvement (il suffit de regarder pour effectuer une action) tout en gardant une aide. Mais cela appelle à la vigilance pour ne pas trop exciter les sens et à vérifier que les enfants s'adaptent bien au matériel (casque), en co-crée les outils avec eux et en observer de manière pérenne. (Gelsomini, 2016) (Garzotto et al., 2017)

Bien se préparer est nécessaire pour permettre une utilisation hétérogène des outils, transformer des histoires sociales en récits sociaux immersifs diminue la peur avant la visite et aide à mieux participer sur place. En ajoutant des plans ou des parcours sensoriels, cette méthode fait correspondre ce qu'on pense à ce qu'on voit en réalité. (Messina et al., 2018) (The Metropolitan Museum of Art, s.d.) (Hutson et Hutson, 2023).

Pour l'information, les « *knowledge anchors* », des points de repère qui utilisent des catégories simples, aident à comprendre les données complexes, les plans interactifs et les objets transformés numériquement. Autrement dit, il faut organiser le musée comme le cerveau le fait, et pas seulement comme un endroit où on stocke des données. (Al-Tawil et al., 2017)

Les mondes virtuels partagés (par exemple, *Second Life*) et, aujourd'hui, les métavers, qui offrent la possibilité d'interagir avec d'autres, de créer et de réaliser des simulations, peuvent être difficiles à utiliser en raison de problèmes techniques, de difficultés d'apprentissage et de questions de sécurité. Il est toujours important de les intégrer progressivement aux programmes scolaires et d'avoir des objectifs pédagogiques clairs pour que ce ne soit pas seulement un gadget. (Warburton, 2009)

La pandémie COVID-19 a fait exploser l'offre des musées immersifs, mettant en avant les inégalités numériques (accès au matériel, compétences) et les occasions de découvrir la culture autrement. Le numérique ne rend pas les choses automatiquement plus simples, il requiert des décisions politiques et des modèles économiques capables de soutenir les petites entreprises et les personnes en situation de fragilité. (Doğan et Jelinčić, 2023).

L'immersion est un avantage dans l'accessibilité, mais seulement si certaines modalités sont respectées : elle aide l'accès, si on fait attention à la manière dont les gens utilisent ces outils, à leur connaissance technique, à l'aide qu'on leur donne et à leur préparation mentale et physique. (Sharples et al., 2007; Gelsomini, 2016) (The Metropolitan Museum of Art, s.d.). De plus, il est essentiel de prendre en compte les besoins spécifiques de chacun afin de favoriser la participation et l'accès de tous. Les musées immersifs ont le devoir moral et légal de rendre les expériences accessibles. On peut identifier trois grands types d'approches : les récits sociaux, la réalité virtuelle immersive et les interfaces multisensorielles.

Les récits sociaux personnalisés aident à appréhender les situations sociales par le biais de phrases descriptives qui donnent des instructions, étayent différents points de vue et permettent de contrôler les choses. Elles sont liées à des pratiques ayant des effets mesurables sur les compétences sociales des enfants autistes (Swaggart et al., 1995). Différentes versions montrent

que les enfants présentant des troubles du spectre autistique font de meilleurs choix et jouent plus efficacement, y compris ceux qui s'expriment peu, lorsqu'on associe les activités à des exemples, de la répétition et des retours (Barry et Burlew, 2004).

La réalité virtuelle immersive, utilisée dans des situations réalistes et pouvant être rejouées, est adaptée par des spécialistes au moyen d'outils simples d'utilisation. Elle vise à favoriser la compréhension, la généralisation et la mobilisation des sens, tout en veillant au confort et à l'ergonomie (Garzotto et al., 2018). Les systèmes *Wildcard* et leurs versions techniques avec *Cardboard*, qui préservent l'attention en contrôlant le visuel, permettent de personnaliser avec précision et de suivre l'engagement (par exemple, le regard), et facilitent l'utilisation sur place (Garzotto et al., 2016 ; Gelsomini et al., 2016). Une idée axée sur les personnes qui s'occupent des autres met l'accent sur la possibilité de transporter les outils et de continuer à apprendre à la maison, avec des scénarios à 360° personnalisés (Gelsomini, et al., 2017). Pour ce qui est des interfaces multisensorielles, *StoryBox* combine des histoires audio et des interactions tactiles avec des figurines NFC²² destinées aux enfants non-voyants ou malvoyants. Le but est de créer une expérience abordable et facile d'usage, s'inscrivant dans la tradition orale, avec des signes encourageants d'implication émotionnelle (Chopra et Gupta, 2022).

L'ensemble de ces réflexions met en lumière la nécessité de concevoir l'accessibilité comme un moyen d'améliorer la qualité de l'expérience et la capacité d'agir, plutôt que comme une simple conformité aux normes, mais qu'en est-il pour les individus porteurs de troubles cognitifs ou de neuroatypies ?

Nos résultats nous ont permis de mettre en avant le fait que les musées immersifs, par leur médiation, rendent accessible au plus grand nombre certes, mais également à un public bien spécifique qui présente des neurodivergences. Pour en parler plus en détail, nous allons étayer nos propos dans la section suivante.

2.2. Prendre en compte les neurodivergences : vers une médiation sensorielle et cognitive

Dans le monde des musées immersifs jonché d'images et de sons, il est essentiel de penser l'inclusion hétérogène, et ce n'est plus une option. C'est devenu une question centrale de savoir comment fonctionnent les musées et s'ils sont justes envers tous. Inclure tout le monde, ce n'est

²² « NFC est l'acronyme de « Near Field Communication », ce qui se traduit littéralement par « Communication en champ proche ». Comme son nom l'indique, cette technologie permet un partage de données à très courte portée entre des appareils compatibles. » Samsung

pas seulement rendre les lieux accessibles aux personnes handicapées ou utiliser la technologie, mais aussi se poser les bonnes questions et se demander comment chacun peut comprendre les informations, ressentir les émotions et vivre les expériences culturelles proposées. Les musées immersifs ne se contentent plus de nous donner des informations de haut en bas, mais ils nous invitent à participer et à vivre des expériences, ce qui signifie qu'il faut repenser la façon dont ils présentent les collections et donc le savoir, en tenant compte des différents types de personnes qui viennent les visiter avec leur propre spécificité cognitive.

C'est pourquoi l'étude de Herrin (2004) sur l'utilisation de récits sociaux destinés aux jeunes enfants autistes est très utile pour appréhender l'accessibilité des musées. Même si cette étude concerne le développement des enfants, ses conclusions peuvent nous aider à comprendre comment les musées ont évolué pour devenir plus inclusifs. Herrin nous rappelle que les enfants autistes ont souvent du mal à interagir avec les autres et à communiquer, ce qui rend difficile pour eux de participer à des activités sociales et, par conséquent, de profiter des expériences culturelles. Le problème n'est pas qu'ils ne comprennent pas les informations, mais qu'ils ont du mal à comprendre les situations et ce que les autres attendent d'eux (Herrin, 2004). Les récits sociaux sont des histoires simples et personnalisées qui explicitent l'implicite : comment se comporter, ce qu'il faut observer, comment réagir. Dans les musées, cette idée nous encourage à réfléchir au rôle des explications, non seulement pour transmettre des informations, mais aussi pour aider les visiteurs à se sentir plus à l'aise et en sécurité. En effet, une visite au musée implique de comprendre des codes implicites, comme le parcours à suivre, les interactions avec autrui, le rythme de la visite, les sons et l'organisation de l'espace, qui peuvent être difficiles à gérer pour certaines personnes. Utiliser des récits signifie créer des outils pour préparer la visite, proposer des simulations immersives pour se familiariser avec les lieux ou offrir des supports personnalisés qui permettent à chacun de savoir à quoi s'attendre et de mieux profiter de l'expérience.

Ce changement de perspective, qui consiste à se concentrer sur le visiteur plutôt que sur le musée et sur la manière dont il réceptionne l'information plutôt que sur le contenu lui-même, s'inscrit dans une réflexion plus large sur l'accessibilité hétérogène. Cependant, il faut faire preuve de vigilance et ne pas penser que tout le monde est sur le même pied d'égalité. Il ne s'agit pas de rendre tous les musées identiques, mais de s'adapter aux besoins de chacun et de tenir compte de leurs différences. L'inclusion dans les musées ne consiste pas seulement à ajouter des services spécifiques pour les personnes présentant des handicaps (physiques et

mentaux), mais à repenser fondamentalement la façon dont on partage les connaissances, en la rendant adaptable, flexible et évolutive.

En d'autres termes, l'intégration, au-delà des mesures de soutien, demande une nouvelle façon de penser la conception des musées en utilisant les idées de la conception universelle. Cela ne sert pas seulement à rendre les choses compréhensibles, mais à créer dès le départ des lieux d'information adaptés à tous les types de personnes. Cela veut dire qu'il faut arrêter de simplement modifier les choses après coup, car c'est souvent cher, stigmatisant et inutile. En utilisant des méthodes issues des sciences de l'esprit, de l'ergonomie, de l'architecture des sens et des technologies immersives, les musées peuvent créer des outils véritablement inclusifs.

L'idée de Herrin (2004) se base sur un plan comportant plusieurs points de départ entre les personnes, où les familles sont très impliquées, et est aussi très instructive pour les musées. Elle montre l'importance de personnaliser les façons d'apprendre, mais aussi de créer les outils ensemble avec les utilisateurs eux-mêmes. En effet, les parents sont ici formés, aidés et actifs dans la mise en œuvre de l'aide. Cette collaboration peut faire émerger des idées de création et d'aide aux visiteurs dans les musées, afin que les publics participent à la conception des outils, des contenus et des lieux immersifs.

Cela rejoint les idées de la muséologue Jocelyne Drouin (2019), qui impliquent une approche de l'accompagnement des visiteurs où ceux-ci ne sont plus de simples récepteurs des informations, mais des créateurs de l'expérience au musée. En combinant ces idées, il devient possible de penser à une aide qui ne soit pas seulement un moyen de transmettre des informations, mais un endroit pour discuter du sens, se reconnaître et partager le pouvoir symbolique.

L'immersion, souvent perçue comme un moyen technologique d'intéresser les gens, doit alors être examinée pour déterminer si elle favorise l'inclusion ou l'exclusion. Car toute technologie immersive a des limites : compréhension de l'outil, acceptation des règles, tolérance aux sensations, disponibilité de l'esprit. Donc, la question n'est pas seulement de savoir si les outils immersifs sont présents, mais aussi s'ils sont faciles à comprendre et agréables à utiliser pour les sens et les émotions. Cela veut dire, par exemple, de revoir l'intensité des sensations, la durée des interactions, la possibilité pour le visiteur de contrôler ce qu'il vit, autant de choses

qui peuvent être conçues en s'inspirant des idées de Herrin : clarté, organisation, personnalisation.

Mais penser à ce que tout le monde puisse accéder implique aussi une responsabilité morale, qui va au-delà de la simple question de l'utilisation. Il faut s'assurer que l'inclusion n'est pas utilisée pour améliorer l'image de l'institution, mais qu'elle est bien considérée comme un changement profond des habitudes. Cette attention critique, développée notamment par Claire Bishop (2012) dans son analyse des outils participatifs dans l'art contemporain, rappelle que l'intention d'inclure ne garantit pas que l'expérience soit bonne ou juste. Une aide inclusive ne peut pas se contenter de mots ou de symboles ; elle a besoin de preuves concrètes, de retours des utilisateurs, d'une évaluation continue de ses effets.

Enfin, on peut voir le musée immersif inclusif comme un ensemble de liens, où les outils ne sont pas seuls mais reliés entre eux pour un soutien complet. L'idée de Herrin (2004), qui inclut la famille et utilise l'apprentissage continu dans des lieux réels, est une bonne chose que les musées devraient suivre : aider les gens à utiliser ce qu'ils ont appris en dehors du musée. Cela peut se faire avec des choses à emporter, des applications sur téléphone, des liens avec les écoles et les associations, autant de façons de faire en sorte que la visite au musée fasse partie de la vie, et non une simple pause. Tenir compte des personnes différentes (autisme, TDAH, dyslexie, dyspraxie) demande de créer des parcours adaptés : endroits calmes, choix de lumière et de son, panneaux clairs, rythmes choisis, préparation avant la visite avec des plans sensoriels. L'aménagement transforme les salles en lieux où l'on se sent en sécurité et où l'on sait à quoi s'attendre.

Cette vision rejoint l'idée que l'inclusion doit être partout, et non seulement lors de journées sensorielles spéciales. Cela demande de former le personnel et de reconnaître les façons dont les personnes se calment sans les juger. Les descriptions audios bien faites aident les non-voyants et mal-voyants à mieux se souvenir des œuvres ; les musées gagneraient à penser à l'ensemble des sens et pas seulement à la vue, en utilisant le toucher et le son pour que chacun puisse comprendre les œuvres par lui-même. L'accès pour tous n'est alors plus spécial : il améliore la visite pour tout le monde et change la façon dont on explique les choses.

Certaines situations montrent que le jeu peut aider à créer des liens ; il aide à se concentrer, à parler aux autres et à montrer ses émotions dans des jeux amusants, parfois avec des mondes virtuels et la capture de mouvement.

Depuis la fin des années 1990, la réalité virtuelle est utilisée comme un environnement sécurisé permettant aux enfants autistes de s'exercer aux interactions sociales et aux comportements de sécurité. Les recherches montrent que, lorsqu'elle est bien encadrée, elle favorise les progrès. Les casques de réalité virtuelle de nouvelle génération offrent des perspectives intéressantes, mais doivent être considérés comme des outils complémentaires nécessitant un accompagnement humain, car ils peuvent entraîner une surcharge sensorielle.

Pour créer des outils interactifs pour tous, il faut penser à l'accès pour tous dès le départ et intégrer les visiteurs dans les créations d'histoire, pas seulement des spectateurs. L'idée de créer dès le départ un musée immersif adapté à tous les profils, remplace l'idée de devoir agencer et ajouter au fur et à mesure. La prise en compte de la diversité de profils devient le principe fondateur d'un dispositif immersif.

L'idée que tout le monde puisse accéder demeure un sujet de choix politique. L'analyse de la représentation montre que les musées ont longtemps présenté comme naturelles certaines idées dominantes, laissant de côté les opinions des personnes moins considérées (femmes, personnes handicapées, minorités). Faire évoluer le musée vers un lieu d'échange signifie créer des expositions avec les communautés, montrer la complexité du handicap (ni héros, ni monstre) et rendre clairs les choix faits pour les expositions. De la même manière, penser aux problèmes de choix dans l'IA montre qu'il faut accepter de ne pas être neutre et faire participer les communautés à la création des systèmes de recommandation et de classification : ce que font les musées pour donner du contexte peut inspirer le monde numérique (Huang et Liem, 2022).

Les institutions culturelles (cinémas, musées) montrent que l'accessibilité dépend du contexte : elle tient compte de la classe sociale, de l'origine et du sexe, et ne se limite pas aux réglages sensoriels. Parler d'accès pour tous demande de bien comprendre les rapports de pouvoir et les conditions sociales pour pouvoir en profiter (Alper, 2021).

La création à plusieurs améliore l'utilité des outils et partage le pouvoir de décider de ce qui est important. Le DIY-AT ²³ comble souvent les manques de ce qui est vendu, mais se heurte à des problèmes sociaux (reconnaissance, normes). D'où l'intérêt de partager des plateformes, d'organiser des ateliers de création à plusieurs et de mélanger l'expertise des professionnels et l'imagination des utilisateurs (Hook et al., 2014).

²³ « Ensemble des activités manuelles consistant à fabriquer soi-même des produits que l'on pourrait acheter tout faits dans le commerce. (On prononce généralement le sigle dans sa forme au long [do it yourself].) » Larousse

La recherche sur les technologies pour l'autisme doit changer de direction en faisant participer les personnes concernées : ne plus seulement chercher à corriger les « défauts », tenir compte de l'expérience des personnes, reconnaître que les bulles numériques ont deux côtés (isolement et autonomie) et accepter une méthode moins ordonnée, mais plus utile pour la société (Parsons et al., 2020).

Les guides audios, les listes de contrôle et les plans sensoriels sont des outils qui facilitent l'accès dès le départ, ils permettent à l'institution de s'adapter au visiteur et non le contraire. De même, des outils d'évaluation que créent les musées pour enfants avec des spécialistes aident à observer leurs points forts et leurs faiblesses et à adapter les programmes, le marketing et les lieux (The Metropolitan Museum of Art, s.d.) (Hladik et Ausderau, 2022). Les kits sensoriels ne devraient plus être considérés comme des aides ponctuelles, mais comme des éléments essentiels pour tous, adaptables à l'âge et aux cultures, et pouvant être améliorés grâce à la réalité augmentée ou virtuelle (Hutson et Hutson, 2024).

Les lieux neutres (pièces sombres, casques anti-bruit, meubles faciles à déplacer) s'appuient sur des études portant sur la manière dont les sens sont régulés et aident tous les visiteurs (Fletcher et al. 2023). Les technologies de navigation (à l'intérieur comme à l'extérieur, pour différents publics, avec différentes sources de données) sont encore séparées ; on ne tient pas assez compte de l'avis des utilisateurs et la conception pour tous reste incomplète, tout comme la possibilité de les faire fonctionner ensemble. Cette situation demande de travailler avec différentes disciplines et de créer des systèmes de données qui protègent la vie privée dès le départ (Prandi et al., 2023) (Kosmas et al., 2019).

Changer l'institution demande de passer d'une obligation légale à une vision importante : intégrer l'inclusion dans la façon dont elle fonctionne, créer des partenariats avec les communautés, se former en continu et évaluer régulièrement (Capasso et al., 2020).

Le système de réalité mixte associe la présence partagée, l'alignement dans l'espace (avec ou sans GPS) et des animations qui donnent le contexte des lieux intéressants. Pour que ce soit facile d'accès, le mode double (en même temps ou pas) permet à la fois d'aider (ce qui est positif dans le cas des personnes anxieuses) et d'être autonome (ce qui est bien pour les rythmes différents), et les accès rendent visible le passage entre l'extérieur et l'intérieur. La prochaine

chose à faire est de travailler sur le toucher et de tester avec différents types de personnes (Chrysanthakopoulou et al., 2025)

Les dispositifs numériques muséaux reconfigurent le temps d'attente en un moment d'expérience, propice à l'apprentissage et à l'émotion. Même si les utilisateurs ne participent pas directement à la création, les équipes avec des compétences variées ont aligné les histoires, les possibilités offertes par la réalité virtuelle à 360 ° et les objectifs d'inclusion, avec un faible coût pour le matériel (Messina, et al., 2018).

Les *sensory friendly map*, sont des cartes et des guides pour les sens qui servent d'appui, trois outils qui déplacent le travail de réflexion du visiteur vers l'institution, en tenant compte de la complexité de l'espace du musée et en rendant prévisibles les changements sensoriels. (The Metropolitan Museum of Art, s.d.). Les cartes parlantes rendent accessibles les aspects numériques, linguistiques et de compréhension, en collaboration avec les communautés. Elles font de la carte un objet commun, un point de repère sur le territoire et un moyen d'accès. (Dattolo et Rocco, 2024)

L'association d'écrans de grande taille, d'interaction avec le corps montre comment créer des systèmes mixtes qui remettent le jeu au centre de l'apprentissage et de la société, tout en soulignant les difficultés de réglage des capteurs et d'ergonomie (Bonarini et al., 2016) (Garzotto et al., 2016). Dans la continuité des approches immersives, Adamu et ses collègues rappellent que les applications mobiles éducatives sont un moyen facile d'inclure tout le monde. Elles permettent de personnaliser finement (rythme, commentaires, aspects visuels et sonores), de les utiliser dans différents contextes (maison, école, musée) et de maintenir la motivation grâce à des interactions amusantes. Pour un musée, cela encourage à proposer des parcours mixtes avant, pendant et après la visite, où l'application sert de tuteur adaptable : préparation avec un scénario (pour réduire l'anxiété), guide discret sur place (indications, images, temps de pause), consolidation à la maison (petits défis, rappels réguliers). Les auteurs préviennent cependant que l'efficacité dépend moins de l'outil que de la qualité du contenu et de l'aide humaine (parents/éducateurs/animateurs), et qu'il faut prévoir des mises à jour régulières en utilisant l'IA/AR et une conception éthique (confidentialité, analyses simples) pour éviter de simplement transformer quelque chose en application sans réel intérêt. En résumé, les applications bien conçues ne remplacent ni l'aide humaine, ni l'immersion sur place ; elles créent

une continuité d'apprentissage qui rend l'inclusion réellement possible au quotidien (Adamu et al., 2019).

Les environnements virtuels collaboratifs montrent des améliorations au niveau de l'empathie et des compétences sociales chez les enfants autistes, mais le principal défi reste de savoir si cela se généralise en dehors des situations expérimentales. (Cheng et al., 2010) (Cheng et al., 2015). Dans les serious games sur les lieux historiques, le but émotionnel (modifier les idées, intéresser les gens qui ne viennent pas souvent) est plus important, et les activités d'organisation sont peu nombreuses ; la possibilité de mélanger le jeu et l'apprentissage n'est pas assez utilisée ; il faut donc des plans bien faits et des moments pour réfléchir (Bouko, 2015). D'autres outils existent également, ce sont les outils d'aide visuelle qui rendent les études plus faciles et aident les individus mal-voyants ou non-voyants à se sentir bien dans leur peau, mais ils posent aussi des problèmes de morale (besoin de l'outil, respect de la vie privée). L'accessibilité ne doit pas se limiter à de petits appareils (Lannan, 2019).

Rendre l'accès général grâce à l'immersion signifie changer la manière dont on montre les choses : passer de l'impressionnant à ce qui dure, de l'expérience à la relation, et de ce qui est imposé à ce que les gens peuvent faire. Les systèmes de réalité mixte pour plusieurs personnes, avec des façons de faire ensemble ou séparément, montrent comment rendre l'accès possible à un endroit précis (présence des autres et rythme de chacun). Les outils pour aider (guides sensoriels, points de repère pour comprendre, lieux de calme et kits) créent un musée qui aide et accueille. La création à plusieurs et l'examen des images aident à avoir différentes histoires et un accès juste qui ne se contente pas d'ouvrir les portes, mais donne aussi les moyens de comprendre. Si nous respectons cela (création pour tous, faite par tous), les technologies immersives ne sont plus juste des démonstrations, mais deviennent des biens culturels partagés. Elles ne promettent pas que tout le monde vivra la même expérience, mais que tout le monde pourra entrer, rester, apprendre et participer (Chrysanthakopoulou et al., 2025) (Hutson et Hutson, 2022). Cela peut favoriser l'idée de muséothérapie qui est une forme de soin par le musée, qui reconnaît le pouvoir apaisant, stimulant et socialement inclusif de l'art et du patrimoine sur la santé mentale et le bien-être, qui change ainsi l'image du musée, qui devient un lieu de bien-être, de partage d'histoires et de reconnaissance, ce n'est pas juste un plus, mais une mission importante pour la société, basée sur le lien avec les objets exposés et les gens du coin. (Kotowski et Zybert, 2020)

2.3. Co-construction des savoirs avec les publics : vers une médiation participative

L'idée d'Ayukawa d'intégrer les personnes non-voyantes ou malvoyantes à la racine conceptuelle d'un dispositif change notre point de vue sur les musées. Les histoires deviennent plus riches avec le toucher, l'ouïe et le contact social, et les musées ne sont plus seulement là pour être regardés, mais pour être intégrés au travers de la participation. C'est une approche essentielle pour qu'un dispositif fonctionne bien. Ainsi, créer ensemble (avec les gens, pas seulement pour eux) est essentiel pour que l'expérience soit complète (Ayukawa, 2021).

En ce qui concerne la participation, Hajibayova et Latham, en s'appuyant sur les idées de Bourdieu, montrent que faire participer le public aux musées modifie la manière dont les objets sont présentés en accordant de l'importance à divers avis, mais la qualité de ce que les gens apportent dépend de leurs habitudes et de leurs connaissances. En effet, pour que la participation dure, il faut des règles justes et donner aux gens les moyens de participer (Hajibayova et Latham, 2017). L'intérêt de classer les informations de manière sociale (avec des mots-clés choisis par les utilisateurs), doit être combiné au travail des professionnels et à la participation du public, en effet, la façon dont les documents sont organisés est un choix de société qui a des conséquences politiques.

Au niveau des institutions, Baujard décrit les problèmes en France : de plus en plus de gestion, différentes sources d'argent, moins d'argent de l'État. La façon dont la culture est présentée doit trouver un équilibre entre protéger les œuvres, les rendre accessibles à tous et attirer du monde, les règles morales des musées (être transparent, tenir compte de la science et des attentes des gens) sont là pour éviter que les expériences immersives ne soient réduites à de simples achats. (Baujard, 2023)

Dans les relations entre les universités et les musées, Walsh montre que le musée devient un lieu de recherche où seule une recherche effectuée ensemble et ouverte à tous permet de combler le fossé entre les discours critiques (sur le postcolonialisme, le genre, le numérique) et ce que les gens vivent réellement ; c'est une bonne façon de juger les dispositifs immersifs autrement qu'en comptant le nombre de visiteurs (Walsh, 2022). Les règles des populations autochtones décrites par Boudjema illustrent bien le propos de création conjointe. Il faut passer d'expositions jolies mais sans consultation à des actions responsables ensemble qui reconnaissent les droits

des populations sur leurs histoires, leurs chants et leurs symboles, la morale n'est pas juste un texte dans une salle, c'est quelque chose qui est constamment rediscuté. (Boudjema, 2023)

2.4. CONCLUSION DE LA SECTION

Réfléchir à une façon d'inclure tout le monde dans les musées par le dispositif de musée immersif, c'est voir l'idée que tous puissent accéder au même contenu, non pas comme un but précis, mais comme une approche évolutive qui change avec le temps, qui questionne et qui encourage le dialogue. L'analyse de Herrin (2004) propose une réflexion claire sur la personnalisation, l'organisation et la collaboration, qui peut aider les musées numériques dans leurs activités. En articulant les apports relatifs aux modes de pensée des individus et en conjuguant les principes de conception inclusive et les innovations technologiques appliquées à la culture, les musées peuvent se transformer en espaces d'expérimentation de l'accessibilité, où l'immersion dépasse la dimension technique pour devenir une expérience humaine et sensible.

SECTION 3 : Préservation et transmission du patrimoine : quelques défis

3.1. Les enjeux contemporains de la patrimonialisation : un rempart face à la destruction des savoirs

La « *patrimonialisation* » est un processus à la fois culturel, social et politique, par lequel un bien, un savoir devient patrimoine. Elle englobe des objets matériels, des pratiques sociales, des lieux ou des espèces, puisqu'en devenant patrimoine, ces éléments bénéficient d'un statut particulier (Davallon, 2023). La patrimonialisation opère donc comme une dynamique complexe, où la société confère une valeur symbolique et identitaire à un patrimoine qui s'inscrit dans des dispositifs institutionnels, pratiques et normatifs.

La réflexion sur ce phénomène met en évidence la fonction centrale que jouent les technologies numériques dans la patrimonialisation des musées immersifs. Ces derniers n'assurent pas uniquement la « *conservation* » patrimoniale mais contribuent à sa redéfinition en tant que nouvelle forme médiatique. Ces dispositifs de simulation permettent de recréer un lieu historique ou une scène du passé en offrant une interaction active avec le public. Les musées immersifs reposent sur l'engagement à faire vivre une expérience au public en rendant l'objet ou le lieu plus tangible et en renforçant son sens.

Cette transformation du patrimoine en « *expérience* » induit de nombreux enjeux, tant d'une part parce que la mise en forme médiatique par la technologie risquerait d'entraîner une banalisation ou une dénaturation de la valeur d'origine des objets patrimoniaux mis en exposition « *dans la jouissance* » du « *jeu* », tant d'autre part les dispositifs mis en place favorisent une ouverture « *démocratique* » à un public potentiellement moins sensibilisé aux formes de présentation du patrimoine plus traditionnelles. Pourtant, la question persiste de savoir si cette médiation immersive favorise réellement la transmission du savoir ou ne se résume finalement qu'à une forme de spectacle quelque peu éloignée des enjeux scientifiques et historiographiques des questions patrimoniales. L'illusion de revivre « *véritablement* » le passé, que contient l'affirmation « *immersive* », pourrait être amorcée au détour d'un parcours muséal, déconnectant la matrice historique de l'objectif de conservation et de transmission du patrimoine qu'elle lutte tout de même à retranscrire.

Réciproquement, il est possible qu'une « *filiation inversée* » (Davallon, 2023) se produise, avec les jeunes générations influençant les aînés dans la transmission des savoirs et des valeurs. Les jeunes visiteurs des musées immersifs, souvent encore familiers des nouvelles technologies, adoptent une posture ludique, intégrant le dispositif de transmission du savoir patrimonial et permettant ainsi un renouvellement du contrat de transmission des savoirs et des valeurs. C'est par un positionnement que l'individu ludique des jeunes visiteurs, souvent initié aux nouvelles technologies numériques, reconfigure le circuit de transfert du savoir patrimonial, en phase avec une mise à jour du contrat de transmission des savoirs valeurs. Les musées, au travers d'interactions plus ludiques, enrichies par les évolutions techniques de la communication, évoluent en faveur d'un protocole de transmission sans conteste remanié, voué à redéfinir la perception et la transmissibilité des valeurs patrimoniales.

L'évolution des pratiques de patrimonialisation à travers les musées immersifs, s'accompagne de réticences. Ne risque-t-on pas, en intégrant la technique dans le processus de muséification, de changer la nature du « *patrimoine* » (Davallon, 2023), exposant-le au risque de le transformer en souvenir, en spectacle ou en produit de consommation ? A-t-on la garantie que la valeur historique ou culturelle de l'objet ne se trouve pas dénaturée par l'expérience immersive ? Également, l'expérience immersive contribue-t-elle réellement à la préservation, ou risque-t-elle de compromettre l'authenticité du patrimoine ?

Les musées immersifs, en reconfigurant la conservation et l'interaction avec le patrimoine, ouvrent des champs de possibles, tout en soulevant des questions majeures sur les effets de ces

modalités de conservation et de médiation sur le patrimoine. L'enjeu consiste à concilier innovation et préservation, en examinant leur articulation avec les traditions muséales héritées.

La sauvegarde du patrimoine, ou patrimonialisation (Davallon, 2023), constitue un enjeu important pour les musées immersifs. On peut voir cette sauvegarde comme une protection contre la destruction de la mémoire.

Le développement des technologies immersives et la numérisation de nombreux objets et de lieux changent la façon dont on protège le patrimoine. Cette façon de choisir, d'enregistrer et de transmettre ce qu'on a reçu du passé se fait désormais avec des outils qui mettent en avant la présence (virtuelle), les histoires et la participation des visiteurs. Sur le plan moral et politique, ce changement se produit alors que la destruction volontaire du patrimoine augmente, ce qu'on appelle « *mémoricide* » (Reynald Secher, 1985) dans le milieu académique et scientifique et plus communément la « *destruction de la mémoire* », c'est-à-dire l'effacement des preuves matérielles d'un souvenir commun ou encore « *Politique visant à effacer les traces de la mémoire et de la culture d'un peuple* ». Ces destructions sont désormais reconnues comme une menace pour la paix et la sécurité dans le monde. L'ONU a même condamné la destruction et le commerce illégal du patrimoine par des groupes armés, renforçant ainsi les protections mises en place par la Convention de La Haye de 1954. Dans ce contexte, le musée immersif est peut-être perçu comme une protection numérique, mais aussi critiqué pour le risque de rendre les choses trop spectaculaires et de cacher les enjeux politiques. Cette partie explique que ces outils peuvent aider le musée à être plus responsable et juste, à condition de bien les concevoir, de gérer correctement les données et de travailler avec les communautés, afin de ne pas simplement remplacer un véritable travail de connaissance par un spectacle. (Conseil de sécurité des Nations unies, 2017 ; UNESCO, 1954/1999) I

Dans la continuité de notre raisonnement, le développement des technologies immersives et la mise en ligne de nombreux objets et lieux modifient la manière dont on protège le patrimoine. Cette façon de choisir, d'enregistrer et de transmettre ce qu'on a reçu du passé se fait de plus en plus avec l'usage des outils permettant l'immersion et la virtualité. Toutes ces avancées ont un objectif de rempart face à la destruction volontaire du patrimoine (mémoricide), qui on le rappelle est un terme qui désigne la destruction de la mémoire : Le mémoricide peut être vu comme la suppression de la mémoire vivante d'un peuple qui erre sans patrie. (Koum Dissake, 2017)

Ainsi, les outils permettant la création de musées immersifs se dressent face à la destruction involontaire liée aux causes naturelles ou à la destruction volontaire, liée à la guerre et au pillage du patrimoine. Ces destructions sont maintenant reconnues comme une menace pour la paix et la sécurité dans le monde. L'ONU a même condamné la destruction et le commerce illégal du patrimoine par des groupes armés, renforçant ainsi les protections mises en place par la Convention de La Haye de 1954. Dans ce contexte, le musée immersif peut être perçu comme une protection numérique, mais aussi critiqué pour le risque de rendre les choses trop spectaculaires et de cacher les enjeux politiques et nous l'avons longuement abordé durant notre recherche. Cette partie explique que ces outils peuvent aider le musée à être plus responsable et juste, à condition de concevoir correctement les dispositifs, de gérer correctement les données et de travailler avec les communautés, afin de ne pas simplement remplacer un véritable travail de connaissance par un spectacle. (Conseil de sécurité des Nations unies, 2017 ; UNESCO, 1954/1999)

Les musées virtuels existent bien avant 2010. Dès les années 1990, certains musées ont commencé à proposer des expositions en ligne (comme le Natural History Museum de Londres, en 1994, ou le « *Virtual Museum of Computing* », en 1995), c'est dans ce contexte qu'est née cette idée de conserver numériquement le patrimoine historique universelle. Les spécialistes ont ensuite défini le musée virtuel comme un outil numérique qui reprend les caractéristiques du musée, afin d'améliorer l'expérience des visiteurs en leur permettant d'interagir et de personnaliser leur visite. (Schweibenz, 2019) En 2008, l'Europe a créé Europeana, qui permet de partager des objets numérisés et des informations standardisées à leur sujet. (Schweibenz, 2019 ; Commission européenne, 2008)

Un grand pas en avant a été l'ouverture du projet Google Art en 2011, qui a mis en ligne des visites Street View dans 17 musées, ainsi que des images très détaillées. Ce projet est devenu ensuite Google Arts et Culture, et il regroupe maintenant le contenu de plus de 2 000 organisations partenaires et propose des visites de lieux importants, y compris certains sites du patrimoine mondial grâce au programme Open Heritage en collaboration avec CyArk. Il est important de savoir que l'affirmation de Google selon laquelle il a numérisé « *plus de 5 000 sites de l'UNESCO* » n'est pas prouvée ; on parle plutôt de centaines de lieux et de milliers d'organisations qui contribuent, avec une section spéciale pour les sites de l'UNESCO (par exemple, « *Découvrez le patrimoine mondial de l'UNESCO* », qui regroupe plus de 120 sites). (Google Arts et Culture, s.d. ; Google-CyArk, 2018)

C'est entre les années 2017 et 2020 qu'on a réellement observé la création de modèles 3D à grande échelle à partir de scans et de photogrammétrie et que ces outils se sont de plus en plus installés dans la conservation de notre patrimoine. Nous avons vu émerger les visites à 360 degrés, le projet Open Heritage (CyArk/Google), et l'augmentation rapide des offres virtuelles pendant la pandémie. On a constaté un intérêt croissant pour les copies numériques de sites, qui ont une forte utilité dans l'explication et dans la conservation des informations en cas de problème. Ces changements se produisent dans un contexte où la Convention de 2003 pour la protection du patrimoine culturel immatériel et la Convention de Faro (2005) insistent sur la participation des populations locales, l'importance sociale du patrimoine et le droit de chacun à participer à la vie culturelle ce qui fait partie d'une justice sociale. Ces éléments sont essentiels pour expliquer le patrimoine, puisque cela se concentre sur les personnes, et non pas seulement sur les objets. (UNESCO, 2003/2022 ; Conseil de l'Europe, 2005)

Les travaux du groupe CHESS, que nous avons précédemment abordé ont montré comment créer une histoire numérique pour le patrimoine, en développant une histoire interactive et personnelle qui se déroule dans des lieux réels, où le visiteur découvre des scènes à travers la palpation des objets rares, détenteur d'histoire, dans des lieux tel le musée de l'Acropole ou la Cité de l'Espace. Ces essais démontrent l'importance de bien équilibrer l'utilisation de la technologie et l'observation directe, en utilisant des outils faciles qui encouragent les visiteurs à interagir les uns avec les autres. (Katifori et al., 2014 ; Roussou et Katifori, 2018)

Ainsi, les récits patrimoniaux (storytelling) et les jeux deviennent des options dans la conservation et la transmission des connaissances, en permettant aux gens de se souvenir des histoires et des actions liées aux objets de collection. Les mondes virtuels nous immergent dans une réalité, qu'elle soit simple ou complexe. Nos travaux démontrent qu'ils aident à prolonger la mémoire des lieux et des objets au-delà de leur existence physique. La combinaison d'une histoire personnelle, d'une interaction et d'une immersion aide les gens à s'approprier la culture et à transmettre des connaissances qui risquent de disparaître.

La projection sur des modèles 3D peut relier les traditions culturelles et agricoles locales au patrimoine matériel, en offrant une expérience sensorielle souvent interdite dans les musées. C'est cette façon de présenter le patrimoine qui tend à rendre l'expérience réelle et éducative, tout en rappelant que les outils utilisés doivent rester faciles à utiliser, puisque nous l'avons

également abordé, mais une proposition d'outil numérique complexe risque de dénaturer l'objectif de transmission du patrimoine. En effet, même si la conservation est réalisée, si elle n'a pas pour but d'être transmise, il n'y a alors aucun intérêt. Pour cela, il est important de bien penser l'outil en amont.

En parallèle, il faut également penser la narration numérique qui fait partie d'une longue histoire de démocratisation du savoir, où chaque évolution médiatique (de l'imprimerie au numérique) a contribué à élargir l'accès, mais aussi à changer la façon dont nous comprenons le patrimoine. En encourageant le storytelling co-construit avec les publics ou les populations concernées, ces outils transforment l'information en savoir partagé, ce qui par extension va renforcer le sentiment d'appartenance culturelle et contribuer à la continuité du patrimoine immatériel. (Bonacini, 2021)

D'un autre côté, il est important de considérer la visite d'un musée immersif comme un système d'histoires liées entre l'identité, la visite et l'utilisation du numérique. Les travaux de Dal Faco et Vassos le démontrent à travers des prototypes qui hybrident le réel et le virtuel (projections interactives, mini-jeux, robots conversationnels) et encouragent les visiteurs à participer, créant un dialogue entre le réel et le virtuel, ce qui est l'essence même de la conservation. (Dal Falco et Vassos, 2017). Cette interactivité créative devient, au XXI^e siècle, la source d'expression du patrimoine, cela pose de nouveaux défis éthiques et économiques : qui possède les droits sur la mémoire numérique, et comment préserver l'intégrité du savoir partagé ?

Certains jeux vidéo, comme le Discovery Tour d'Assassin's Creed, utilisent le potentiel du jeu pour le patrimoine, en séparant l'histoire inventée des faits réels qui concernent réellement le patrimoine d'une ville. La résurrection de villes anciennes (Alexandrie, Venise) a un but éducatif. Les essais qui concernent les villes créées dans un but de jeu vidéo, posent des questions sur l'utilisation du jeu pour la mémoire, sa valeur pour l'éducation et sa capacité à garder des connaissances historiques dans un format facile d'accès.

L'exposition immersive appelée Venise Révélée, qui a eu lieu en 2022-2023 au Grand Palais Immersif, en est un bon exemple. Grâce à la réalité virtuelle, les visiteurs peuvent découvrir une vision nouvelle et originale de Venise en explorant les canaux, les palais et l'évolution de la ville au fil des siècles. Ce musée immersif ressemble à celui d'Éternelle Notre-Dame, qui

propose une reconstitution fidèle fondée sur des preuves. Le voyage virtuel à Venise met en lumière le problème de la montée des eaux, qui menace de détruire la ville. Les images recrées à partir des modèles du jeu Assassin's Creed II (2009) montrent la grandeur passée de Venise et soulignent son état fragile actuel.

Ce système sert non seulement à montrer des images, mais aussi à enregistrer, conserver et protéger l'histoire des monuments abîmés ou menacés de destruction. Éternelle Notre-Dame, un musée immersif, a été créé après l'incendie de la cathédrale Notre-Dame de Paris en avril 2019. En seulement trois ans, ce projet permettra de reconstituer l'édifice numériquement afin d'explorer son histoire à travers les âges. Comme pour Venise Révélée, Éternelle Notre-Dame a utilisé les graphismes du jeu Assassin's Creed Unity (2014), mais en les améliorant avec l'aide d'historiens pour créer un environnement virtuel fidèle. Les casques de réalité virtuelle permettent à différents publics de découvrir les parties inaccessibles de la cathédrale, de revivre sa construction et de découvrir l'histoire de Paris et de la France.

Bruno Seillier, le scénariste et metteur en scène du projet, explique : « *C'est un grand voyage dans le temps, un voyage symbolique, architectural et historique, où toutes ces dimensions se rencontrent.* » Il insiste aussi sur les différentes façons d'appréhender le musée immersif : « *Une visite virtuelle, artistique, culturelle et spirituelle.* » Ces actions vont au-delà de simples nouveautés qui ouvrent la voie, car elles répondent à un besoin pressant : se dépêcher de protéger ce qui pourrait être perdu pour toujours si on ne fait rien. Dans un monde où l'on perd les traces et les souvenirs de nombreuses villes, endroits, lieux et bâtiments, les musées qui nous plongent dedans agissent comme des lieux où l'on garde vivantes les choses importantes de notre passé. En montrant une copie fidèle et très réaliste des lieux et des événements tels qu'ils étaient, ces moyens donnent au public un souvenir partagé par tout le pays, mais aussi par le monde entier, allant bien au-delà des groupes de spécialistes comme les archéologues et les historiens, qui connaissent bien les détails de leurs recherches et de leur savoir-faire.

Au lieu d'être de simples présentations en ligne, les musées immersifs montrent les richesses du passé, en s'assurant que les générations à venir pourront toujours découvrir, comprendre et ressentir l'Histoire même après la disparition des preuves physiques. Au lieu d'aider à comprendre, les musées immersifs deviennent un acteur majeur, voire indispensable, pour la protection et le partage de l'héritage mondial.

Ensemble, ces études montrent qu'il existe de nombreux moyens de présenter l'information (du téléphone portable sur place aux salles immersives, de la réalité augmentée à la réalité mixte ou

virtuelle), où la personnalisation, la cohérence de l'histoire et la gestion de l'attention sont essentielles. L'intérêt éducatif ne réside pas dans l'effet de surprise ou dans le simple réalisme des images, mais dans la manière dont les outils replacent les connaissances dans des situations (physiques et sociales) pertinentes et responsables (Katifori et al., 2014 ; Papagiannakis et al., 2018 ; Roussou et Katifori, 2018).

Le cas de l'intelligence artificielle conversationnelle (CAI) et des assistants personnels (IPA) utilisés de manière créative pour les enfants (projet « AI Fan Along ») montre que l'éthique (respect de la vie privée, lutte contre les préjugés, inclusion, réglementation) doit être prise en compte dès le départ. Ils recommandent de créer ces outils en collaboration avec les enfants et leurs parents, et de sensibiliser les jeunes à l'IA afin qu'ils puissent utiliser ces technologies de manière critique. Par faute de moyens, les petites entreprises créatives ont du mal à respecter les recommandations éthiques.

En ce qui concerne les compétences, certains définissent la sensibilisation à l'IA comme un ensemble de compétences permettant d'évaluer, de collaborer et d'utiliser l'IA de manière critique ; les musées peuvent adopter cette approche pour concevoir des présentations rassurantes, inclusives et compréhensibles, en particulier pour les jeunes.

Ces idées sont liées à des documents officiels récents : les conseils de l'UNESCO sur les règles de l'IA (2021) et les guides de l'UNICEF pour une IA qui respecte les enfants (2021), qui mettent l'accent sur la protection des informations, l'égalité, le respect, l'honnêteté et le bien-être mental. En Europe, le document sur l'IA (2020) a organisé la discussion sur la façon de gérer les dangers ; aux États-Unis, COPPA contrôle la façon dont les informations des enfants sont collectées sur Internet. Ces papiers apportent des idées utiles aux musées lorsqu'on ajoute des systèmes de conversation et des descriptions de personnes à la visite. (UNESCO, 2021 ; UNICEF, 2021 ; Commission européenne, 2020 ; FTC/COPPA, s.d.)

Dans le cas de l'IA conversationnelle qui peut devenir un médiateur muséal, cela soulève des problématiques d'éthique : on ne sait pas comment l'algorithme fonctionne, des descriptions détaillées de personnes, des informations sur le corps (voix, mouvements) enregistrées par les casques/capteurs. Apprendre à comprendre et créer ensemble devient alors un moyen d'être responsable au-delà des règles légales pour arriver à l'égalité pour tous (accès, pas de favoritisme, inclusion des langues et des cultures).

Ainsi, les réflexions qui entourent les musées immersifs sont vastes. Les dispositifs deviennent de véritables archives vivantes, capables d'enregistrer, de garder et de partager les connaissances matérielles et immatérielles. En reproduisant fidèlement les lieux et les actions, ils aident à raviver la mémoire collective au-delà des experts et assurent la continuité d'un patrimoine vivant. Les outils numériques utilisés dans ce contexte contribuent à une protection du patrimoine améliorée, où la réalité virtuelle, la RA/RM, le BIM et le HBIM renforcent la connaissance des bâtiments et des savoir-faire menacés, tout en offrant à chacun la possibilité d'essayer, d'apprendre et de transmettre. Le numérique devient ainsi un nouvel endroit pour sauvegarder, un lieu de mémoire partagé entre les humains et les machines.

3.2. Mémoricide : destruction des savoirs et « remparts » numériques

Cette partie se concentre sur le mémoricide, qui désigne l'effacement intentionnel des preuves concrètes et écrites d'une mémoire partagée, ce qui s'est produit lors des guerres en Yougoslavie (avec le bombardement de bibliothèques, d'archives et de mosquées) et, plus récemment, avec les destructions de Daech à Mossoul, Nimrud, Hatra ou Palmyre. Cette violence envers le patrimoine a entraîné des réactions numériques : Rekrei (anciennement Project Mosul) utilise des images fournies par le public pour reconstruire en 3D des objets détruits ; Iconem numérise à grande échelle des sites menacés (comme Palmyre) à l'aide de drones et de la photogrammétrie, parfois dans des situations très dangereuses. Le mémoricide peut être vu comme la suppression de la mémoire vivante d'un peuple qui erre sans patrie. (Koum Dissake, 2017)

On peut aussi reparler d'épistémicide, un terme lié au mémoricide car il concerne la destruction, l'effacement ou la dévalorisation systématique des savoirs, souvent issus de cultures dominées (colonisées, indigènes...), à cause de différents facteurs : le colonialisme, les oppressions culturelles, la domination des idées européennes. Le résultat est la perte des visions du monde et des savoirs variés, ainsi que l'effacement de l'héritage intellectuel entre les générations. (Tognoli, 2024)

À notre époque, où l'information devient majoritairement numérique et où les désaccords entre les cultures et les pays augmentent, la menace de la destruction de la mémoire d'un groupe de personnes devient un problème clé pour protéger notre héritage. Boulakal et Mustafa El Hadi (2025) expliquent que les musées classiques, même si leur but était de préserver le patrimoine, ont souvent contribué, volontairement ou non, à faire disparaître ou à mettre de côté certaines

cultures, en choisissant, en classant et en présentant les choses d'une manière centrée sur l'Europe. Cette critique rejoint les idées actuelles sur la suppression des connaissances, surtout au Soudan, où les savoirs locaux et les traditions culturelles importantes sont doublement oubliés : d'une part, à cause des dégâts de la guerre et du manque d'attention à l'héritage, et d'autre part, parce qu'ils ne sont pas montrés de manière équilibrée dans les musées du monde entier.

Ces injustices sont liées et profondes, et les musées immersifs proposent des solutions à ces problèmes. De ce point de vue, ces dispositifs apparaissent comme des lieux susceptibles de réparer symboliquement ces injustices. En utilisant des processus de conservation avancée tel que le HBIM ou le DT, des technologies de mise en action comme la réalité virtuelle, la réalité augmentée et les projections interactives, les technologies informationnelles telle que l'IA qui vulgarise la complexité, et des supports numériques de lecture, les musées immersifs permettent non seulement de conserver sous une forme jumelle, mais également de rendre visibles les cultures oubliées en les présentant autrement.

Ainsi, plus qu'une simple nouveauté technologique, le musée immersif peut être considéré comme une défense morale contre la destruction de la mémoire, à condition qu'il repose sur la création commune de connaissances et sur la justice pour la mémoire. Les résultats de notre travail montrent que ces dispositifs immersifs, par leur nature numérique et dématérialisée, peuvent recréer des objets ou des lieux disparus. Ils permettent aussi d'organiser les connaissances de manière inclusive, en réparant les injustices du passé, en encourageant l'égalité et en protégeant la diversité des savoirs.

Face à la destruction des traces du passé, qu'il s'agisse de guerres, de catastrophes naturelles, la technologie se révèle comme une opposition. Elle permet de conserver, de transmettre un souvenir partagé et surtout de faire participer. A l'ère des crises où guerres et catastrophes soufflent d'un même poumon poussant le mémoricide, les outils utilisés dans le contexte des musées immersifs émergent comme des remparts possibles, à condition de s'articuler autour de de plusieurs points essentiels : (1) utilisation éthique des technologies ; (2) manipulation éthique de l'histoire et inclusion ; (3) à travers la participation, des publics. Ainsi, cela transformerait les savoirs menacés en expériences partagées et transmissibles.

Notre travail de recherche a permis de mettre en corrélation également des aspects critiques : (1) la narration comme façon de penser l'immersion ; (2) la personnalisation et la participation

comme conditions pour que les gens s'approprient les connaissances ; (3) le fait de penser à l'éthique dès le départ (y compris la gestion des données) comme condition pour créer de la confiance et de la crédibilité.

L'utilisation des technologies d'immersion devient prononcée, transforme profondément la conservation et la transmission patrimoniale offrant de nouvelles perspectives. La visite se voit également participative et non plus statique. La narration s'adapte et confère une aura vivante à la mémoire, où objets physiques, environnements numériques et interactions humaines se mêlent.

En prenant appui sur nos réflexions, on peut avancer le fait que l'artéfact numérique d'un objet ne se réduit plus à une simple copie, il en révèle l'essence même du savoir qu'il renferme. Il faut tout de même rester vigilant sur les manipulations possibles, mais il reste néanmoins un bon moyen de conserver et diffuser à long terme.

Si la documentation est rigoureusement choisie, que les compétences diversifiées de chacun sont respectées, que l'interdisciplinarité s'invite dans les choix de conception et les sources utilisées, alors on peut observer la mise en place d'un moyen de lutte contre le mémoricide.

Cette évolution met en place un terrain de connaissances où chaque visiteur construit son propre parcours. A travers la cohérence narrative, le réalisme sensoriel (lumières, ombres, personnages virtuels crédibles) et les mécaniques de jeu mesurées, la compréhension et l'apprentissage deviennent possible sur le plan cognitif pour comprendre la complexité du patrimoine.

En termes de communication, raconter des récits oraux et visuels est un moyen de transformer l'accès en appropriation, cela relie le public aux enjeux, encourage l'empathie et aide à retenir l'information, tout en permettant aux communautés de participer à l'histoire (création à plusieurs, contributions, remix). Nous pouvons souligner la différence entre le fait d'avoir de l'information à disposition dans un musée classique et le fait qu'elle soit facilitée à comprendre et culturellement accessible dans un musée immersif. Pour que tout le monde puisse participer, il faut des histoires intéressantes, des formats faciles à comprendre et des systèmes participatifs inspirés.

Dans certains musées immersifs, l'intelligence artificielle promet des échanges précis, des réponses simples et des guides virtuels qui dialoguent. Cependant, cette promesse demande plus

d'attention à l'éthique, au regard du respect de la vie privée, de la sécurité (car ne l'oublions pas, en effet, ce sont des enfants qui échangent avec cette technologie), des préjugés souvent répétés par l'intelligence artificielle, de l'accès pour tous, tout en pensant aux enfants et aux publics empêchés intellectuellement et sensorsiellement dès le départ.

Les musées immersifs utilisent beaucoup de données sensibles (traces de visites, voix, images, données biométriques légères, cultures et connaissances locales). Leurs plans doivent donc suivre des principes solides tels que le FAIR (Findable, Accessible, Interoperable, Reusable) et CARE (Collective Benefit, Authority to Control, Responsibility, Ethics), la gestion des données (surtout pour les peuples autochtones), et montrer clairement comment les modèles sont faits. Mettre en valeur un patrimoine contre la destruction de la mémoire n'est pas neutre, cela implique des choix éthiques clairs, des façons d'obtenir le consentement, et des méthodes pour partager les avantages culturels et économiques.

Dans le cas de l'intelligence artificielle, elle est souvent perçue comme un simple ensemble d'outils techniques, alors qu'elle doit être envisagée comme un espace de création partagée et de responsabilité. Dans le domaine de la narration destinée aux jeunes publics, les initiatives les plus pertinentes sont celles qui associent enfants, parents et éducateurs dès la conception, afin d'éviter les risques liés à la vie privée, à la sécurité, à l'inclusion et au développement du langage. L'enjeu principal n'est pas seulement de vérifier la conformité des productions après coup, mais bien d'intégrer les principes éthiques et pédagogiques au cœur du processus créatif, dans une approche itérative et réaliste.

Certaines contraintes émergent concrètement et elles concernent la quantité et la précision du contenu, l'alternance écran/espace, l'orientation, le confort, les échanges sociaux et adaptation aux personnes. Il paraît donc nécessaire de créer une histoire claire, d'assurer une signalisation facile à comprendre et d'octroyer du contrôle au visiteur, tout en rappelant qu'il faut un équilibre entre l'immersion numérique et la présence devant les œuvres (Roussou et Katifori, 2018). Cela peut également entraîner des non-publics, qui finiront par s'intéresser au patrimoine numérique et, d'ailleurs, nous l'avons prouvé dans notre méthodologie de recherche, qui démontre clairement une ouverture plus marquée du musée par le biais du dispositif, où les non-publics des musées classiques seront davantage attirés et moins intimidés par les musées immersifs.

Le patrimoine, à travers les récits contés de manière interactive montrant ainsi la diversité des

approches (jeux, théâtre immersif, films à 360°, transmédia) et l'importance de bien maîtriser à la fois les outils de création et les stratégies professionnelles. Nous devons considérer la visite d'un musée immersif comme une histoire qui se déroule avant, pendant et après la visite, où les technologies immersives et conversationnelles permettent de lier les objets, les lieux et les histoires personnalisées.

La valeur des musées immersifs, face à la destruction de la mémoire, n'est ni automatique ni seulement due à la technologie. Elle dépend de leur capacité à associer la protection et la sauvegarde (copies numériques, archives), une présentation adaptée au lieu (récit, personnalisation), une approche éthique (gestion des données, protection des enfants) et la justice sociale (inclusion, accessibilité, participation). En d'autres termes, une protection n'est efficace que si elle est construite avec les autres, facile à comprendre, à évaluer et à réutiliser par les personnes qui se sentent concernées par le patrimoine.

La patrimonialisation est une démarche sociale, technique et politique par laquelle des éléments concrets et immatériels sont identifiés, décrits, protégés et transmis en tant que « patrimoine ». À l'heure des crises (guerres, catastrophes naturelles, changement climatique, exploitation excessive des ressources et spéculation), elle se heurte à des pratiques de destruction des traces du passé, destructions physiques, remises en question symboliques, effacements de documents, que l'on appelle aujourd'hui mémoricide, c'est-à-dire l'effacement systématique de la mémoire d'un groupe en s'attaquant à ses lieux, ses histoires, ses archives et ses noms de lieux. Pour lutter contre ce mémoricide, il faut associer la conservation des objets à la sauvegarde des informations et des connaissances liées aux objets, aux lieux et aux pratiques.

Dans cette situation, les musées immersifs s'offrent comme une solution. Ils permettent d'ouvrir l'accès et de mieux comprendre, tout en gardant une mémoire numérique solide, facile à utiliser avec d'autres systèmes et gérée de manière honnête. Leur rôle ne se limite pas à la spectacularisation : ils doivent expliquer des sujets de manière intéressante et utile pour la science, l'éducation et la société, tout en protégeant les visiteurs, en respectant les cultures, en étant ouverts à tous et en pensant à l'avenir.

Alors, comment faire des musées immersifs des bastions contre le mémoricide ? Les musées immersifs, conçus comme des plateformes de connaissance et de justice culturelle, peuvent agir comme remparts au mémoricide à trois conditions : (1) solidité scientifique et traçabilité des assets ; (2) scénographies narratives inclusives et participatives ; (3) gouvernance éthique et

durable des données et des algorithmes. L'alliance des méthodologies CHES (personnalisation, évaluation in situ), des cadres de présence/gamification en MR, du storytelling participatif et des garde-fous de l'IA pour enfants offre une voie exigeante mais féconde. Dans cette voie, l'avatar numérique, cesse d'être une fin spectaculaire pour devenir un instrument de mémoire, auditable, partageable et appropriable, au service de la transmission. Pour une vision plus claire des différentes évolutions que nous avons énuméré dans notre partie, nous avons dressé un tableau récapitulatif des points chronologique important par rapport aux outils numériques cités, ainsi que les cadres normatifs attenants.

3.3. Entre intégrité patrimoniale et adaptation contemporaine : éthique du savoir et de la représentation culturelle

Les musées immersifs, se dressent comme des moyens importants de donner l'accès, de transmettre et de remettre dans son contexte le patrimoine. Mais ils changent l'entente morale qui lie les organismes, les chercheurs, les groupes de personnes, le public et les objets (qu'ils soient réels ou non) en créant un problème important : comment faire pour que le patrimoine reste comme il est (en connaissant son origine, en étant précis dans les papiers, en étant fidèle dans les symboles et en respectant les groupes de personnes à qui il appartient) tout en le changeant pour qu'il corresponde à notre époque (en changeant les histoires, en créant des présentations où l'on peut agir, en changeant les images, en utilisant les règles techniques et en répondant à ce que les gens attendent) ? Cette partie est là pour examiner de près ce problème et déterminer ce qu'il faut faire pour que les règles de la connaissance et de la manière de présenter la culture soient appliquées.

Nous pensons à deux choses : (1) dans les endroits où l'on peut agir, le fait de garder le patrimoine intact n'est pas le contraire de le changer, mais c'est ce qui fait que le changement est acceptable, si les changements sont clairs, si l'on peut savoir comment ils ont été faits et si l'on peut revenir en arrière ; (2) les règles de la connaissance ne peuvent plus être vues comme un ensemble de règles générales, mais comme une façon de faire qui dépend de la situation, qui est discutée avec les groupes de personnes concernées, qui est écrite grâce à des systèmes pour organiser les connaissances et qui est testée dans la vie réelle des professionnels et du public. Pour que cela marche, il faut faire attention aux règles du contenu (dire la vérité, remettre dans le contexte, montrer différents points de vue), aux règles des formes (choix des symboles et des

techniques) et aux règles des systèmes (informations sur les données, règles, gestion des données et des façons de faire) (Koren, 2023 ; Mai, 2013 ; Hjørland, 2013).

Roselyne Koren rappelle que donner un avis fait partie du langage : il n'y a pas de neutralité quand on regarde de près le discours, ni quand on crée des systèmes d'information. L'argumentation implique toujours une logique de ce qui est mieux, qui doit être assumée, et non pas niée, par le chercheur et par l'organisme : reconnaître cette façon de voir les choses, c'est expliquer clairement les choix d'interprétation et les choix moraux qui guident la manière de présenter l'information. Appliquée aux musées où l'on peut agir, cette idée remplace l'obligation d'être objectif par une obligation de rendre des comptes : dire ce qui a été changé, pourquoi et pour qui (Koren, 2023).

Pour approfondir, Koren suggère une morale de l'information qui distingue les avis importants liés au savoir (décrire la vérité, accepter le doute) des avis fondés sur des idées (bloquer l'explication, causer des séparations). Le fait de bien montrer les bases (par exemple, d'employer des images de guerre pour la pandémie, de bien définir les types de choses sensibles) devient nécessaire pour rester honnête. Dans les musées où l'on peut participer, cela veut dire expliquer les images et les actions utilisées (par exemple, changer une tradition en jeu, rendre un récit plus fort) et laisser les gens dire ce qu'ils pensent de ces choix. (Koren, 2023)

Dans une organisation (institution, entreprise), la justice dans l'information (accès juste, clarté, reconnaître les moments d'injustice) aide à rendre la morale plus réelle en la voyant comme une expérience entre ce qui est parfait et ce qui se fait : ce n'est pas juste une idée, ni juste une façon de faire, mais un mouvement qui dépend du lieu et où les gens donnent un sens à leurs choix (par exemple, entre le manque d'argent, le besoin de garder les choses et le fait d'inclure). Dans les projets impliquant le numérique, les sentiments d'injustice sont liés aux modalités de travail ensemble, aux différences de position et au partage du pouvoir sur l'information. (Labour et al., 2023)

Ces idées s'inscrivent dans un ensemble plus grand, les systèmes CRIS²⁴, qui donnent des infos sur la recherche, doivent montrer clairement comment ils marchent, être sincères, protéger les infos privées et lutter contre les mauvaises actions, sans accuser certaines personnes ; les listes de noms, les façons de nommer et les mesures créent des règles autant qu'elles montrent comment sont les choses. On peut dire la même chose, en changeant un peu les mots, pour les

²⁴ « CRIS est le système d'information mis en place par la Commission pour appuyer la gestion des actions extérieures. » Europea

musées, où les systèmes qui disent ce que sont les choses créent la façon dont on peut montrer et voir les objets, les façons de faire et les personnes. (Schöpfel et Azeroual, 2023)

Pour aller plus loin dans notre réflexion, nous allons discuter plus en détail des théories, des systèmes et des infrastructures dans la partie suivante.

3.4. Organisation des connaissances et pluralité des mondes : théories, systèmes, infrastructures

L'organisation des connaissances (Knowledge Organization, KO) fournit les outils intellectuels pour concilier le respect des faits et la capacité à changer. Dahlberg soutient une idée centrée sur les concepts : toute connaissance se manifeste par des idées et leurs liens ; l'organisation des connaissances, la science du savoir, vise à créer des systèmes de concepts qui fonctionnent ensemble. Cette perspective confère à la sélection des mots et à la création de modèles une importance morale : traduire une idée, c'est aussi choisir entre différentes visions du monde. (Dahlberg, 1993 ; Dahlberg, 2006). Zeng propose une liste des KOS²⁵, des listes de référence aux modèles, comme autant de plans pour se déplacer dans la complexité de la culture ; chaque KOS a des rôles différents (rendre clair, liens entre les choses, caractéristiques). Dans les musées, le fait de faire correspondre (par exemple, Europeana) permet d'ouvrir les données, de suivre les changements et d'expliquer les contextes. (Zeng, 2008)

Hjørland rappelle que chaque classement a un point de vue. En effet, toute organisation des connaissances est liée à des idées, à des habitudes et à des combats sur ce qui existe. Cette approche met en avant les systèmes dans les débats du domaine (par exemple, les classements des cultures vivantes contre la protection du patrimoine), afin d'éviter une neutralité qui fait passer des classements pour naturels. Pour ce qui est des dispositifs immersifs, cela veut dire intégrer les modèles, les mots et les histoires dans les discussions des groupes concernés et écrire sur ces choix. (Hjørland, 2013 ; Hjørland, 2008 ; Hjørland, 2016)

L'évolution historique, allant des approches centrées sur la pratique à celles fondées sur l'observation des faits, puis sur l'étude critique de l'histoire, nous invite, dans le contexte immersif, à articuler expérimentations concrètes (évaluations de l'usage, mesures de

²⁵ Les KOS (Knowledge Organization Systems) sont des systèmes normalisés ou semi-structurés permettant de représenter formellement les concepts, les objets de connaissance et leurs relations dans un domaine donné.

l'apprentissage) et réflexion historiographique (origine des catégories, analyse critique des sources).

Les musées, en tant que lieux de conservation de la mémoire, travaillent sur des objets qui ne se décrivent pas eux-mêmes et dont le sens évolue. Gill montre que la connaissance des musées s'ajoute et évolue (expositions, restaurations, nouvelles interprétations), et que la tension entre les particularités locales et la capacité d'utilisation partout reste importante ; l'« open content » et les linked data sont des moyens, pas des buts, pour concilier le respect des faits et la circulation. (Gill, 2017)

Au niveau des infrastructures, les changements de plans créent des pertes et des modifications de sens, l'utilisation d'outils de logique pour comparer et faire correspondre des modèles différents montre qu'il y a plusieurs façons de voir les choses et plusieurs interprétations locales. Un point important pour les musées immersifs : écrire sur les étapes de transformation (du scan à la scène VR), avec leurs incertitudes et leurs choix. (Thomer et al., 2017)

Enfin, la Nomenclature for Museum Cataloging est solide grâce à sa gestion par la communauté et à sa capacité à s'ouvrir (deux langues, nouveaux objets, perspectives en données liées), tout en montrant ses limites pour des collections très spéciales, la capacité d'un standard à s'adapter est elle-même une question morale (inclure ou rendre uniforme). (Dunn et Bourcier, 2020)

Une étude approfondie (2018–2022) des technologies et du patrimoine montre que les actions technologiques sont les plus courantes (70 %), en particulier celles qui concernent le patrimoine accessible (92 %). Les outils 3D (création de modèles, transformation en données numériques, présentation visuelle) sont les plus utilisés (44 %), suivis de la réalité augmentée/réalité virtuelle (15 %) et de l'internet des objets pour la surveillance de l'environnement et des structures ; l'utilisation pour le patrimoine immatériel reste faible, malgré l'arrivée de la gestion intelligente du patrimoine culturel qui combine la conservation, l'accès et la mise en valeur. Ce manque d'équilibre entraîne des problèmes de représentation dans les environnements immersifs. (Mendoza et al., 2023)

Plus précisément, pour le patrimoine culturel immatériel, une analyse approfondie montre que les technologies 3D (création de modèles, capture de mouvements, photogrammétrie), la réalité augmentée/réalité virtuelle et la présentation visuelle sont utiles pour montrer les aspects dynamiques des gestes, des danses, des histoires et des savoir-faire ; 132 articles sont répertoriés, avec une augmentation continue des publications depuis 2014, principalement de Chine, de Grèce et d'Italie ; 86 % des outils répertoriés concernent la création de

modèles/capture/présentation visuelle 3D, et les objectifs principaux sont l'éducation, la création de modèles et la promotion. (Skublewska-Paszkowska et al., 2022)

En ce qui concerne les interfaces, Windhager et autres ont répertorié 70 prototypes de présentation visuelle des collections de musées, bibliothèques et archives, en soulignant l'importance de la générosité (fournir un contexte), de la découverte (rendre la découverte possible) et de l'esprit critique (montrer les choix de représentation). Ils soulignent des problèmes : peu d'attention accordée au patrimoine culturel immatériel, peu d'évaluations par les utilisateurs et rares sont les systèmes qui combinent la 3D et la visualisation de l'information. Le défi éthique : adapter les présentations visuelles aux différents publics et croiser les points de vue pour encourager la curiosité sans cacher les préjugés. (Windhager et al., 2019)

Parallèlement, la construction, l'intégration de la modélisation des informations du bâtiment et des ontologies (CIDOC-CRM) appliquée à Pampulha montre comment aller au-delà de la géométrie pour relier les données sémantiques (histoire, transformations, utilisations) et les données métriques (scan laser), créant ainsi une documentation qui peut être utilisée par différents systèmes pour aider à la restauration et à la narration. (Cogima et al., 2019).

Le musée virtuel imaginé par Schweibenz (connectivité, contextualisation, « *divertissement éducatif* ») est toujours d'actualité. Il ne remplace pas le musée réel, il élargit ses moyens de communication et d'accès, à condition que l'interconnexion ne sépare pas les objets de leurs contextes d'origine. (Schweibenz, 2019)

Lombardo et Damiano proposent Drammar, une façon de décrire les histoires et des outils (« *Cinematic* ») pour annoter avec précision les actions, les motivations, les situations, les émotions et les croyances dans les œuvres médiatiques narratives. Cette façon de faire réduit les choix arbitraires et relie l'annotation à des connaissances partagées, permettant de créer de grandes quantités de données, de vérifier la cohérence et d'utiliser l'indexation, l'analyse, voire le montage automatique. Pour les musées immersifs, c'est un modèle pour aligner l'intrigue, les personnages et les événements avec des vocabulaires standardisés. (Lombardo et Damiano, 2012)

Les mêmes auteurs montrent, avec Carletto l'araignée, que raconter des histoires sur téléphone peut susciter un engagement émotionnel comparable à celui des guides humains, à condition d'équilibrer l'immersion dans l'histoire et les contraintes physiques du lieu (attention portée à

l'endroit, objectifs informatifs précis), et de prévoir un déroulement contrôlé qui s'adapte au déplacement. (Lombardo et Damiano, 2012)

EMOTIVE met en place une façon de créer des expériences émotionnelles où ceux qui créent les expériences et les visiteurs ont les outils pour inventer et vivre des histoires interactives, faites pour eux, liées à un lieu, qui mélangent histoire, émotions, façons d'interagir, vie sociale, beauté et technologie ; testée dans des lieux comme Çatalhöyük ou le Mur d'Antonin, cette méthode change de l'enseignement à sens unique et encourage l'engagement émotionnel, à condition de bien suivre la façon dont les histoires sont créées. (Katifori et al., 2018)

Enfin, l'analyse de Google Arts et Culture par Zhang montre qu'il y a du bon et du moins bon dans les outils Art Camera et vidéos 360° : la très haute qualité et la vue complète rendent l'accès plus facile, mais changent l'idée des œuvres (comment c'est fait, lumière, point de vue) en cassant l'image en morceaux, ce qui oblige les sites et les musées à créer ensemble des modes d'emploi et des informations sur le but des œuvres. (Zhang, 2020)

L'éducation ici, ce sont toutes les activités faites exprès pour apprendre des choses sur le cerveau, les émotions, la société et des choses pratiques, dans des lieux officiels (écoles) et non officiels (musées, familles, associations). Les musées sont un peu entre les deux et disent qu'ils aident à apprendre, à développer des compétences, à changer d'avis, à donner envie et à aider les gens à grandir personnellement et socialement : cinq choses qui sont le but des Generic Learning Outcomes (GLOs), maintenant utilisés par beaucoup de lieux culturels (Hooper-Greenhill et al., 2003).

La médiation, c'est créer des lieux, des outils, des personnes et des systèmes numériques qui rendent les savoirs accessibles, expliquent les objets, donnent envie de participer et aident à comprendre. Avec le « *tournant éducatif* », les musées acceptent plusieurs histoires, les débats, les souvenirs et les émotions, mais il subsiste toujours un problème entre la volonté de donner la parole à tous et les règles des lieux ou des entreprises (Andermann et Arnold-de Simine, 2012).

La transmission entre les générations, c'est quand les enfants, les ados, les adultes et les personnes âgées apprennent les uns des autres, dans la famille (parents/grands-parents/enfants) mais aussi dans des groupes où les gens de tous les âges font des choses ensemble, où les savoirs voyagent, sont rediscutés et mis au goût du jour dans des activités partagées. Les systèmes

immersifs peuvent aider à ce dialogue en encourageant l'entraide, la co-construction de récits et l'action collective, à condition de prévoir plusieurs modes d'entrée et des rythmes différents.

Les dispositifs immersifs collectent des données sur l'individu et son comportement (où les yeux regardent, position, temps passé à regarder), ce qui pose encore plus de problèmes de confidentialité et de liberté. Haynes identifie quatre risques dans le métavers : vie privée, identité, propriété/NFT et abus, ce qui nécessite des règles éthiques et légales solides. Nous avons donc besoin de mettre en place des réglementations, des réglages pour limiter cette collecte et contrôler cet aspect. (Haynes, 2023)

Pendant la pandémie, des auteurs ont montré que l'IA peut certes aider, mais aussi poser de grandes problématiques entre ce qui est utile et ce qui est éthique (consentement, dérapages...). Cela peut inspirer, pour les musées immersifs, l'élaboration de cadres normatifs conciliant innovation et respect des droits fondamentaux, en définissant des objectifs précis, des choix transparents et un contrôle effectif par les utilisateurs (Anshari et al., 2023).

Au niveau technique, VERAM (attention récurrente pour la classification 3D multivues) et les R-3D-CNN pour l'imagerie hyperspectrale montrent que les modèles peuvent coûter moins cher en vues et être plus précis, mais il faut absolument vérifier les étapes de traitement (données d'entraînement, généralisation, explication) quand ils sont ajoutés aux systèmes existants (reconnaissance d'objets, recomposition 3D, détection d'anomalies). La fiabilité des calculs fait partie de la fiabilité des biens culturels. (Chen et al., 2018 ; Yang et al., 2018)

Pour en revenir à Otlet, il imagine un système universel de documents reliant bibliothèques, archives, encyclopédies et musées, où le processus documentaire (production, diffusion, conservation, utilisation) poursuit un objectif de coopération internationale et d'uniformisation, tout en restant modulable. Les réalités immersives actualisent cette ambition, en proposant des interfaces fondées sur des bases qui doivent demeurer ouvertes et transparentes (Otlet, 1934). D'autres pensées insistent sur le rapprochement des bibliothèques, des archives et des musées comme base de connaissances de la société. Loin d'être dépassées, ces institutions doivent repenser leur rôle à l'ère du numérique. Si ce travail n'est pas visible, il risque de ne pas être reconnu, ce qui se voit quand on se concentre sur l'expérience plutôt que sur les fondations documentaires. (Hedstrom et King 2014)

Couzinet, Mustafa El Hadi et Papy rappellent que la science de l'information a une longue histoire et qu'elle s'inscrit dans les sciences de la communication. Des pionniers (Naudé, Otlet, Briet) aux chercheurs d'aujourd'hui, la discipline s'est construite en se mêlant, ce qui justifie

aujourd'hui de nouvelles alliances entre musées, bibliothèques, universités et groupes de personnes. (Couzinet, Mustafa El Hadi et Papy, 2020). L'information étant d'abord numérique, les compétences en communication humaine, en organisation de l'information, en numérisation et en archivage deviennent essentielles, surtout pour rendre l'expérience immersive crédible grâce à une bonne gestion documentaire.

Sur le plan social, les musées sont au centre des problèmes : inégalités d'accès, critiques modernes de l'autorité, mondialisation et légitimité des collections coloniales. Les musées gèrent des enjeux publics à partir de problèmes privés et doivent donc considérer l'immersion comme un lieu de débat, et non pas seulement comme un divertissement. (Fyfe et Jones, 2016) L'importance du langage des classes diminue au profit de la réussite individuelle, ce qui modifie la façon dont on perçoit les inégalités et la justice sociale. Pour l'immersion, cela signifie qu'il faut créer des histoires qui montrent les causes des inégalités (histoire du travail, des migrations, des discriminations), et non pas seulement des parcours héroïques et des réussites personnelles. (Boltanski, 2006)

L'éthique de l'infrastructure exige des changements inclusifs sans fragiliser les institutions qui disposent de peu de moyens. Les musées immersifs, souvent novateurs, ne doivent pas négliger la documentation, au contraire, ils doivent ajouter dans les archives, les listes de termes et les graphiques les nouveaux éléments qu'ils produisent (Tran, 2023). Ensuite, les catalogues et les bases de données ne sont pas neutres, ils créent des rapports de pouvoir et il est moralement obligatoire d'intégrer des points de vue autochtones ou postcoloniaux dans la gestion des connaissances des musées, ce n'est pas juste un supplément. (Turner, 2016 ; 2017)

Le musée peut être considéré comme un ensemble organisé de connaissances, dans lequel un classement pertinent facilite l'accès à l'information. Il peut être comparé à une forme d'« *Internet* » avant l'heure, où la capacité à s'orienter reste essentielle, et où l'immersion peut constituer une aide sans remettre en cause ce principe. (Rajashekara, 2005 ; Jank, s.d.)

Certains parlent de « *connaissance principale* », « *secondaire* » et « *fausse* », avec toutes les informations qui existent, organiser les connaissances a pour but éthique de choisir et de classer ce qui est important. L'immersion qui en met plein la vue doit donc faire attention à ne pas ajouter de confusion, elle devrait plutôt montrer clairement ce qui est sûr, ce qui est supposé et ce qui est contesté. (Jaenecke, 1994)

D'autres parlent de l'évolution de l'organisation des connaissances, des grandes administrations aux systèmes qui s'adaptent et apprennent. Les environnements immersifs, grâce à leurs échanges (utilisation, données, conception), peuvent devenir des organisations qui apprennent si elles rendent clairs les responsabilités et le fonctionnement. (Bennet et Bennet, 2004)

L'exposition *Venise Révélée* (Grand Palais Immersif) propose une découverte de Venise, une ville menacée par la montée des eaux, en utilisant des modèles 3D venant en partie du jeu *Assassin's Creed II* (2009). On y voit l'importance de la documentation (explorer les canaux et les palais, comprendre l'histoire) et l'urgence de protéger l'environnement, mais il faut expliquer clairement : quand et comment les éléments du jeu vidéo ont-ils été réutilisés ? Quelles sources et autres avis d'experts ont confirmé que les reconstitutions sont correctes ? (Diaz Mendoza et al., 2023)

Éternelle Notre-Dame, reconstruite après l'incendie de 2019, utilise les images d'*Assassin's Creed Unity* (2014), améliorées avec l'aide d'historiens, pour proposer des visites en réalité virtuelle dans les parties interdites et montrer l'évolution du bâtiment au fil du temps. Ce mélange de jeu et de patrimoine, que Bruno Seillier décrit comme un « *voyage dans le temps, à travers l'architecture et l'histoire* », doit indiquer d'où viennent les choix (ce qui est mesuré, deviné, supposé) et les raisons (but spirituel, culturel, artistique), afin de ne pas donner l'impression que les images de synthèse sont toujours vraies. (Lombardo et Damiano, 2012 ; Zhang, 2020).

Ces deux exemples montrent ce qu'on peut appeler une transformation inverse : des éléments créés pour le jeu vidéo sont utilisés au service du patrimoine, puis modifiés pour l'éducation et le souvenir. Pour que cela soit correct, il faut : (1) dire d'où viennent les éléments et comment ils ont été modifiés ; (2) relier les lieux, objets et événements à des systèmes de classification connus (CIDOC-CRM, Nomenclature, EDM) ; (3) montrer ce qui est incertain (degré de confiance, possibilités différentes, zones d'ombre) et différents points de vue (ceux des communautés, des métiers, des époques). (Zeng, 2008 ; Cogima et al., 2019 ; Windhager et al., 2019).

Les classements, les histoires et les outils influencent notre façon de voir les choses, l'important est donc de montrer les valeurs et de les discuter, plutôt que de les cacher. (Koren, 2023 ; Hjørland, 2013)

Une autre idée met en équilibre la force de la technologie (3D, AR/VR, IA) et les façons dont elle est utilisée. Diaz Mendoza et Skublewska-Paszkowska mettent en évidence l'utilité des

documents, mais Windhager souligne les problèmes d'évaluation et le manque d'attention porté au patrimoine culturel immatériel. C'est pourquoi Drammar s'intéresse à la manière de mettre en forme les histoires, et EMOTIVE à la manière de gérer les émotions qu'elles suscitent. (Diaz Mendoza et al., 2023 ; Windhager et al., 2019 ; Lombardo et Damiano, 2012 ; Katifori et al., 2018)

La participation de tous, les avantages de la collaboration en ligne et les classements définis en collaboration avec les publics dépendent de systèmes qui confèrent du pouvoir, sinon on risque de reproduire les inégalités. L'éthique telle qu'elle est vécue fournit une base pour mesurer ces effets. Par ailleurs, la gestion des données constitue un enjeu central. Les promesses de l'intelligence artificielle doivent reposer sur des accords solides en matière de données et sur des cadres réglementaires établis par les autorités publiques. Les systèmes d'information de recherche mettent en évidence plusieurs défis à résoudre et, par comparaison, offrent des éclairages utiles pour les musées immersifs.

De plus, l'infrastructure déjà en place impose de progresser en assurant la compatibilité avec les systèmes existants plutôt que de les remplacer, ce qui s'inscrit dans les visions d'un réseau documentaire universel et de la convergence entre bibliothèques, archives et musées. Les évolutions de classification et les correspondances logiques jouent un rôle essentiel dans l'intégrité des expériences immersives, et ne peuvent être considérées comme de simples détails techniques.

Ces approches convergent vers une même idée : l'usage des technologies immersives et des systèmes d'information dans le patrimoine ne peut être neutre, il engage des choix épistémologiques, éthiques et techniques qui exigent transparence, contextualisation et participation. Nous allons plus loin dans notre réflexion en nous intéressant à la manière dont les musées immersifs articulent l'éducation, la médiation et la transmission entre les générations d'individus.

3.5. Éducation, médiation et transmission intergénérationnelle des savoirs

Cette partie examine comment les musées immersifs associent l'éducation, la manière de partager des informations et la transmission des connaissances entre les générations, en s'appuyant sur des textes portant sur la muséologie, les sciences de l'éducation et les technologies numériques. Nous proposons une vision qui relie les idées où l'on apprend en construisant dans des situations réelles, les avantages des histoires interactives, des jeux

éducatifs et des technologies immersives (VR/AR/MR), ainsi que les besoins d'accès facile, d'éthique et de responsabilité. Nous parlons des problèmes entre la volonté de plaire et la solidité scientifique, entre l'ouverture à tous et la normalisation, et entre les nouvelles technologies et la durabilité. Enfin, nous créons une idée pratique, TRAME (Transmission, Responsabilité, Accessibilité, Médiation incarnée, Évaluation), pour aider à concevoir et à évaluer des outils immersifs adaptés à différents types de personnes, surtout dans un contexte où différentes générations sont impliquées.

L'importance croissante des environnements immersifs change le rôle éducatif des musées, qui provient d'une ancienne idée d'éducation pour tous et d'utilisation des arts dans la vie sociale et professionnelle. Dans les années 1920 et 1930, les grandes institutions ont clairement indiqué l'importance de l'éducation, en pensant que le partage d'informations n'était pas juste un plus, mais le cœur de leur mission pour aider les gens à apprécier, à juger et à utiliser l'art dans la société (Elliott, 1926). À l'ère numérique, cette mission change, il ne s'agit plus seulement de transmettre des informations à des personnes qui écoutent passivement, mais d'organiser des rencontres réelles, des expériences où l'on participe et où l'on est impliqué, où les visiteurs, seuls, en famille ou en groupe, créent ensemble du sens, développent des compétences et construisent des souvenirs partagés. La responsabilité des musées s'en trouve élargie : exactitude des informations, ouverture à tous, accès facile, éthique des données, durabilité des outils, et prise en compte des façons de penser et de ressentir propres aux différents âges de la vie.

Cette partie met en lumière l'importance de l'éducation, du partage d'informations et de la transmission des connaissances entre les générations dans une perspective critique. Nous relierons quatre points : (1) les idées fondatrices sur l'apprentissage dans un environnement immersif ; (2) les avantages des histoires interactives et des jeux éducatifs ; (3) l'ouverture à tous et l'accès facile comme conditions de la responsabilité ; (4) une façon de créer et d'évaluer pour des personnes de différentes générations.

Les environnements immersifs nécessitent une approche de l'apprentissage qui va au-delà des méthodes consistant à transmettre simplement des informations. Trois idées importantes guident notre propos : (1) implication : la pensée est liée à l'activité physique et sensorielle ; (2) ancrage dans le contexte : l'activité est liée aux lieux, aux objets et aux symboles où elle se déroule ; (3) adaptation constante : l'apprenant et l'environnement s'adaptent l'un à l'autre (Winn, 2002). Ces idées rejoignent le constructivisme et la cognition située, mais mettent l'accent sur

les liens constants entre le corps, les outils et les contextes, des liens particulièrement visibles en VR/AR.

Sur cette base, les programmes scolaires adaptés proposent d'associer des règles strictes (idées, modèles) avec des situations concrètes où elles sont utiles, souvent par des histoires et des rôles qui rendent l'élève actif (Barab et al., 2007), et cela transposé aux musées immersifs permet d'engager davantage les visiteurs et renforcer leur compréhension du patrimoine. Les simulations et jeux cherchent alors une vraie compréhension, si l'histoire est prenante et que les idées sont claires (Barab et al., 2007). Enfin, apprendre en manipulant tout en visualisant des simulations aide à faire réfléchir et à évaluer correctement si les idées et les informations sont claires (Aldrich, 2005).

Les musées, bibliothèques et archives ont créé un langage commun pour parler de l'impact éducatif grâce au LIRP et aux GLOs²⁶ ; ils acceptent l'apprentissage personnel, souvent seul et lié aux émotions, et créent des outils pour constater les effets (Hooper-Greenhill et al., 2003). En même temps, l'évolution de l'éducation transforme l'exposition en un lieu d'expérience, de discussion et d'intégration, mais pose des problèmes entre ouverture à tous et utilisation à des fins précises (Andermann et Arnold-de Simine, 2012). Les outils numériques, sur place et en ligne, offrent davantage de possibilités de mettre en valeur les savoirs et rapprochent les apprentissages formels et informels, si l'on se concentre sur l'objet et si l'on pense l'échange comme une personnalisation et une création commune (Hawkey, 2004). Cette histoire prolonge la mission éducative, déjà attentive au lien entre l'art, le travail et le rôle du citoyen (Elliott, 1926).

Les serious games portant sur le patrimoine proposent des histoires d'aventure, des missions et des découvertes qui rendent les lieux plus humains, éveillent la curiosité et cherchent la compréhension plus que la simple accumulation de connaissances ; cependant, il est rare de bien organiser et relier les informations, ce qui limite l'apprentissage à long terme si le jeu n'est pas lié à d'autres façons d'expliquer (Bouko, 2015). Dans le patrimoine culturel, les serious game aident quand l'histoire, la simulation et la collaboration se rejoignent, mais un jeu mal fait peut détourner du contenu. L'intégration dans les programmes et l'adaptation aux individus sont importantes pour une efficacité optimale (Mortara et al., 2014). Les expériences XR ajoutent la

²⁶ Les sigles LIRP et GLO sont fréquemment employés dans les secteurs de l'enseignement des musées, de l'apprentissage en ligne et plus récemment des musées immersifs.

présence, le contexte et la collaboration, mais demandent de bien choisir et d'adapter à l'enseignement (Hayes et al., 2021).

D'un point de vue général, les rapports d'avenir montrent que l'usage d'outils de collaboration, mobiles et personnels, transforme les modes d'apprentissage, tout en mobilisant des compétences en images, en information et en technologie, mais se heurte à la lenteur des changements dans certains cas (Johnson et al., 2009). En sciences, les jeux et les simulations permettent de rendre visibles des informations invisibles, de fournir des retours et d'adapter les scénarios, mais la recherche doit encore mieux articuler la théorie et la pratique, l'évaluation et le développement (National Research Council, 2011).

Le storytelling interactif pour les enfants (ISC²⁷) est né du mélange des histoires numériques interactives (IDS) et de la conception d'interactions pour les enfants (IDC²⁸). Les systèmes IDS habituels, qui sont performants mais compliqués, laissent souvent l'enfant simple explorateur ; l'IDC encourage plutôt une participation qui adapte les outils aux compétences, aux centres d'intérêt et aux besoins de développement, allant même jusqu'à faire des enfants des créateurs associés (Garzotto, 2014). L'atelier IDC de 2010 a mis en évidence l'intérêt de l'enfant en tant qu'auteur, mais aussi la difficulté à maintenir cette approche à long terme, au-delà des projets pilotes, car les contextes sociotechniques et la formation des personnes impliquées ne sont pas suffisamment pris en compte (Garzotto et al., 2010). Dans cette perspective, d'autres jeux associent narration, hypertexte et co-crédation d'hyperhistoires dans des environnements 2D/3D multi-utilisateurs, en s'appuyant sur des règles narratives et des outils de création simplifiés afin de favoriser la collaboration, la motivation et les interactions sociales (Garzotto et Forfori, 2006).

Des méthodes importantes mettent l'enfant au centre : SAGE²⁹ propose des conteurs sous forme de peluches interactives qui écoutent et racontent des histoires, aidant ainsi les fonctions cognitives, sociales et émotionnelles de la narration ; l'enfant imagine des scénarios, découvre l'identité et le point de vue des autres (Bers et Cassell, 1998). StoryRooms fournit des espaces narratifs physiques que les enfants peuvent personnaliser facilement et à moindre coût, grâce à des capteurs et des objets du quotidien, pour une créativité autonome et une découverte multisensorielle, malgré des problèmes d'accessibilité, de coût et de généralisation (Alborzi et

²⁷ **Interactive Storytelling for Children** : Narration interactive destinée aux enfants, qui les implique activement dans le déroulement ou la création de l'histoire.

²⁸ **Interaction Design and Children** : Domaine de recherche et de pratique dédié à la conception d'interfaces et d'interactions centrées sur les enfants, tenant compte de leur développement, de leurs besoins cognitifs et sociaux.

²⁹ **Storytelling Agent Generation Environment** : C'est un décor narratif amusant où des animaux en tissu ou des objets réels (comme des jeux) agissent comme des narrateurs astucieux, qui peuvent entendre, dire des récits et échanger avec les jeunes.

al., 2000). Dans le domaine institutionnel, les histoires numériques associées à la création graphique et 3D (comme *Le Petit Prince*) mettent en scène différents rôles (dessinateur, voix, animateur), favorisent la réflexion sur ses propres connaissances et compétences techniques dans un enseignement centré sur l'enfant (Evangelista et al., 2009). Ces études ont un point commun : donner aux enfants la possibilité d'agir et de s'exprimer renforce leur motivation et la qualité de leur apprentissage, mais cela nécessite des environnements accessibles, durables et adaptés à leur situation.

Le cadre narratif tangible et incarné propose trois axes de conception : diégétique/non-diégétique, interne/externe, ontologique/exploratoire, afin de lier la narration, les médias numériques et l'implication physique sans perturber les objets. Des exemples comme *Mapping Place* (table tactile) et *Multi-Sensory Prayer Nuts* (répliques tangibles améliorées) prouvent qu'incarner un rôle aide à situer les objets dans un contexte et à les relier à soi, à condition de reproduire des pratiques culturelles, d'associer les visiteurs à des perspectives culturelles et de fournir des informations numériques en même temps (Chu et Mazalek, 2019). L'utilisation du toucher dans un environnement immersif permet d'explorer tactilement des sculptures 3D, une expérience appréciée mais qui soulève la question de l'authenticité et des limites du remplacement numérique (Loscos et al., 2004). Sur les sites archéologiques, la narration émotionnelle, non linéaire, personnalisée et parfois collaborative vise à réhumaniser les vestiges et à susciter la curiosité, l'empathie et l'imagination, un équilibre délicat entre la liberté de navigation, la rigueur historique et la richesse émotionnelle (Roussou et al., 2017). Enfin, des avatars-guides XR, comme *The Digital Docent*, reproduisent le rôle d'interprètes en personne sur place (AR) et à distance (VR), avec capture de mouvement et dialogues préparés, pour replacer l'histoire dans son contexte authentique (Geigel et al., 2020).

Les univers numériques partagés (XR) lient l'immersion, la collaboration et la création. Dans les études supérieures, des jeux comme *Second Life* offrent des expériences pratiques et sociales, mais ils soulèvent des problématiques avec la technologie et l'identité ; leur objectif est de former des groupes d'apprentissage où les personnes peuvent développer et exprimer différentes identités (Warburton, 2009). Les études montrent que ces jeux sont utilisés de nombreuses façons, mais avec des méthodes différentes et des résultats mitigés sur ce qui est de l'apprentissage, il faut donc effectuer des recherches plus sérieuses (Hew et Cheung, 2010). Pour les langues, les exercices en 3D permettent d'aider à parler, réduisent l'inquiétude grâce aux personnages virtuels et rendent les discussions plus réalistes, même s'ils subsistent des soucis techniques (Chen et al., 2018). En observant l'environnement éducatif, les univers

numériques transforment les utilisateurs en créateurs de contenu et de savoirs, dans une façon d'enseigner où tout le monde est au même niveau et où l'on prend des initiatives (Ondrejka, 2008).

Pour ce qui est de l'envie d'apprendre, des expériences longues intégrant des outils de réalité virtuelle augmentent la confiance en soi et l'intérêt pour la science à court et moyen terme, ce qui, selon la théorie sociale peut influencer les choix d'orientation, à condition que l'enseignement soit bien réalisé pour éviter que ce soit juste un effet de mode (Andersen et al., 2022). Dans les musées, pour utiliser la réalité virtuelle à bon escient, il faut d'abord un bon cadre pédagogique et technologique, choisir le bon niveau d'immersion en prenant en compte les objectifs et choisir les contenus avec soin (Hayes et al., 2021). Pour les ingénieurs, des laboratoires de réalité virtuelle et augmentée, sécurisés et reproductibles, permettent de développer des compétences pratiques, mais ils restent coûteux et exigent des compétences techniques (Yousif, 2021 ; 2022). Des expériences sur des publics spécifiques (élèves d'école primaire) ont prouvé que les technologies immersives aidaient à la concentration et à la compréhension des idées compliquées, à condition de les utiliser en plus d'autres méthodes, pas juste en remplacement (Al-Shibli et Al-Sarir, 2023). Toujours auprès de jeunes publics, l'apprentissage par la technologie (personnalisation, plusieurs façons de faire, XR, IA) demande des règles de gestion, des groupes de discussion et une vision globale plutôt que d'ajouter juste de la technologie (Ryoo et Winkelmann, 2021).

Les études sur le patrimoine numérique comparent la réalité augmentée, la réalité virtuelle, les environnements virtuels et la réalité mixte selon leur capacité à associer le contexte, le contenu et l'environnement, à favoriser la collaboration et à maintenir l'intérêt. Elles s'appuient sur des actions mobilisant plusieurs méthodes et favorisant la collaboration, tout en rappelant que ces dispositifs sont coûteux et complexes à mettre en œuvre (Bekele et Champion, 2019). Par ailleurs, pour la captation et l'affichage des images, des avancées telles que la stabilisation vidéo en temps réel par apprentissage automatique (par exemple, StabNet) offrent des expériences plus fluides sur smartphone et dans des conditions difficiles (Wang et al., 2019). À plus grande échelle, la compréhension en 3D ou 2,5D des environnements intérieurs (segmentation, position, possibilités) est essentielle pour garantir le bon fonctionnement des dispositifs XR in situ. Cependant, les obstacles visuels et la complexité des scènes demeurent problématiques : les modèles avancés ont progressé, sans toutefois résoudre complètement la question de la généralisation (Naseer et al., 2019). Or, ces éléments invisibles jouent un rôle essentiel pour assurer une immersion de qualité et une accessibilité technique satisfaisante.

Les musées immersifs sont des lieux qui aident l'apprentissage en offrant des expériences réelles, qui mobilisent les sens (Mujtaba et al., 2018). De plus, la réalité virtuelle encourage la curiosité et améliore la mémorisation si l'histoire et son adaptation aux personnes sont bien pensées en amont (Roussou, 2004). De manière générale, les outils numériques accélèrent certaines interactions, ouvrent de nouvelles possibilités et rapprochent les contextes d'éducation formelle et informelle. Toutefois, il demeure essentiel de maintenir l'importance du sujet traité et de stimuler la découverte et l'imagination (Hawkey, 2004). Chez les jeunes enfants, l'aide d'un adulte qui guide sans imposer renforce la façon de penser aux causes et aux concepts, plusieurs façons d'aborder les savoirs (par une histoire, la logique, l'expérience, l'esthétique, la philosophie) répondent aux différents types d'intelligence (Haas, 1996). Si l'on prend l'exemple des publics très jeune, le fait d'aller souvent au musée augmente les résultats de créativité (originalité, facilité), surtout si les parents ou l'institution (école) accompagnent (Gong et al., 2020).

La pandémie a accéléré l'arrivée de l'IA et de l'IoT (objets physiques connectés à Internet) dans l'horizon éducatif : personnalisation, suivi de l'implication et de la présence, assistants virtuels ; autant de promesses qui soulèvent des problèmes de normes, d'inégalités d'accès et d'éthique des données (Kamruzzaman et al., 2023). L'IA permet aux appareils IoT de réagir et de prendre des décisions en temps réel sans avoir besoin d'intervention humaine. Dans les domaines artistiques et de design, les IA changent les comportements, non pas pour « remplacer » la créativité, mais comme outils de création d'idées qui demandent d'apprendre à bien les utiliser, à réfléchir sur les questions d'authenticité, à la propriété intellectuelle et aux conséquences (Hutson et Lang, 2023 ; Hutson et Cotroneo, 2023). Dans les musées, ces outils peuvent aider à créer des objets numériques et des parcours adaptés à chacun, dans une démarche de construction et d'inclusion, sans oublier les besoins d'accès pour tous, de modération et de présentation responsable (Campitiello et al., 2022).

La transmission entre les générations n'est pas seulement un simple transfert d'informations d'en haut vers le bas ; c'est une création commune où les connaissances circulent entre les enfants, les parents/grands-parents et les personnes qui aident. Trois éléments apparaissent particulièrement importants : (1) des outils permettant de raconter des histoires, de distribuer des rôles (explorateur, conteur, enquêteur) et de coopérer de manière différenciée. Cela rappelle les GLO ainsi que les approches StoryRooms/SAGE, qui valorisent l'apprenant en tant que créateur (Hooper-Greenhill et al., 2003 ; Alborzi et al., 2000 ; Bers et Cassell, 1998). (2) les rituels et la mémoire : dans les lieux historiques, des récits émouvants et contextualisés

favorisent une remémoration collective et le dialogue intergénérationnel, à condition de garantir la précision des informations et la diversité des points de vue (Roussou et al., 2017). (3) l'accessibilité et l'inclusion : des interfaces reposant sur le son et le toucher (StoryBox), la réalité virtuelle mobile associée à des narrations (WISS/Wildcard), ainsi que la co-crédation d'histoires sociales, rendent la participation plus accessible et respectueuse, en soutenant les capacités de tous les publics, y compris les personnes malvoyantes ou prdsentant des troubles du spectre autistique (Chopra et Gupta, 2022 ; Garzotto et al., 2018 ; Garzotto et al., 2016 ; Swaggart et al., 1995).

Le rle du musde se manifeste alors dans la qualit de ces conditions : viter d'en faire trop, favoriser une approche progressive, et offrir des outils de discussion (avant, pendant et aprs la visite) pour encourager les chnges. Pour intgrer l'ducation, la mdiation et la transmission entre les gnrations dans les musdes immersifs responsables, nous proposons TRAME :

T	Transmission : des scnaros entre les gnrations avec des rles diffrents ; une continuit avant, pendant et aprs ; des ressources à emporter (des cartes de conversation, des extraits audio) ; un lien avec les objectifs d'apprentissage gnreraux (Hooper-Greenhill et al., 2003).
R	Responsabilit : des sources exactes et varies ; une explication claire des algorithmes (si intelligence artificielle) ; une rduction et une gestion des donnes ; une consommation d'nergie raisonnable ; une accessibilit intgre dds le dpart (Kamruzzaman et al., 2023 ; Campitiello et al. 2022).
A	Accessibilit : des principes de conception universelle ; des moyens multisensoriels (audio, tactile, haptique) ; des options de stimulation faible ; des contenus faciles à comprendre pour tous les ges (Chopra et Gupta, 2022 ; Garzotto et al., 2018 ; Loscos et al., 2004).
M	Mdiation concrte : l'intgration de la prsence sociale (dans l'histoire, la position, le rle), des activits culturelles simules, des objets rls amliors, des personnages virtuels qui enseignent, adaptés au contexte, centrés sur l'objet et situs (Chu et Mazalek, 2019 ; Geigel et al., 2020).
E	valuation : des mthodes varies en accord avec les objectifs d'apprentissage ; des tests A/B pour l'enseignement ; des mesures de la capacit (le rle, la confiance en soi), de l'action commune entre les gnrations et de la durabilit ; des expriences de recherche (Aldrich, 2005 ; Andersen et al., 2022 ; Ryoo et Winkelmann, 2021).

Concrètement, un parcours immersif patrimoine et science pourrait combiner : (1) une introduction en famille (un court récit sur mobile, un choix de rôles) ; (2) des points de contact réels et en réalité augmentée liés aux objets, avec des petits défis à faire ensemble ; (3) une courte expérience en réalité virtuelle que l'on peut régler (stimulation faible ou forte) ; (4) un endroit pour raconter des histoires où les familles créent ensemble une histoire enrichie liée aux collections ; (5) des éléments numériques à emporter (audio, photo) pour continuer la discussion à la maison (Garzotto et Forfori, 2006 ; Hayes et al., 2021).

3.6. CONCLUSION DE LA SECTION

L'observation sous une multiplicité d'angles, nous a permis de mettre en lumière les nombreux enjeux qui se jouent dans notre société. Les dispositifs de musées immersifs représentent une lutte contre la destruction des savoirs et de la mémoire. On observe plusieurs aspects qui aident à personnaliser la médiation, à varier les façons d'y accéder (voix pour ceux qui ont des difficultés), à fournir un soutien cognitif adaptable, à gérer l'environnement immersif (navigation, sécurité). Mais cela comporte aussi des risques éthiques spécifiques, surtout pour les enfants : confidentialité, exposition à des contenus inappropriés, manipulation de l'attention, surcharge mentale et confusion entre ce qui est réel et ce qui ne l'est pas.

Pour les jeunes, il est essentiel de réduire au minimum les données, de séparer les informations (contenu vs. données d'utilisation), de renforcer l'anonymat et de protéger la vie privée par défaut. S'aligner sur FAIR (Facile à trouver, Accessible, Interopérable, Réutilisable) et CARE (Avantage collectif, Autorité de contrôle, Responsabilité, Éthique) permet d'aller au-delà d'une simple approche technique pour inclure les droits culturels, l'accord de la communauté et les avantages partagés.

Sur la même lignée réflexive, la gamification n'est pas seulement un « décor » : elle doit soutenir des objectifs pédagogiques clairs (curiosité, exploration, mémorisation, transfert), avec des mesures d'évaluation (rétention, compréhension, sentiment d'efficacité), sinon l'expérience devient un simple divertissement (Papagiannakis et al., 2018). Un bon équilibre entre les quêtes et les défis, avec une introduction facile, encourage l'engagement sans trop solliciter l'attention (Papagiannakis et al., 2018).

Comme le pensent Bonacini, Dal Falco et Vassos et Meyer et Aldana, l'expérience doit se prolonger avant et après la visite, grâce à des outils numériques communautaires (appels à

souvenirs, carnets de récit, contributions locales), avec une gestion participative (modération, attribution, licences ouvertes). Cette co-crédation renforce la mémorie : une mémorie partagée, répétée et diverse résiste mieux à sa destruction (Bonacini, 2021 ; Dal Falco et Vassos, 2017 ; Meyer et Aldana, 2021).

Cette analyse examine de manière critique les musées immersifs comme moyens de préserver, d'adapter et de transmettre le patrimoine à une époque où les destructions physiques, symboliques et informationnelles peuvent être regroupées sous le terme de mémoricide. En combinant une revue de ce qui a été écrit sur le sujet et des études de cas (CHESS/Musée de l'Acropole ; Lascaux IV ; Éternelle Notre-Dame ; systèmes MR/AR dans un contexte archéologique), elle observe les avantages et les limites des technologies immersives (RA/RV/RM), de la narration interactive et de l'IA conversationnelle pour la médiation et la justice sociale, en s'appuyant notamment sur les travaux des différents auteurs cités.

Les musées immersifs n'ont pas à sacrifier la valeur du contenu présenté pour répondre aux attentes contemporaines. Au contraire, cette approche peut même renforcer la portée du patrimoine exposé, à condition de respecter certains principes :

1- Il faut avoir connaissance de la provenance des informations, qu'elles soient liées à des idées importantes, et expliquer clairement leur degré de certitude et d'authenticité.

2- La façon dont on présente les objets de savoir (images, histoires, interactions) doit permettre de comprendre les choix faits et les idées qui ont influencé ces choix, et encourager les gens à donner leur avis (participation active).

3 - Les moyens utilisés et la façon dont le musée est géré doivent garantir que les informations restent disponibles longtemps, qu'elles soient interopérables avec d'autres systèmes, qu'on respecte les données et que les décisions soient prises avec l'aide de la communauté. 4 - L'expérience doit être pensée pour différents types de personnes, surtout celles qui ont été mises de côté dans le passé, et il faut vérifier si l'expérience est juste pour tout le monde (justice sociale).

Ce n'est pas impossible à faire puisque nous avons déjà les informations nécessaires et les méthodes pour les organiser, les technologies existent déjà (3D, réalité augmentée, intelligence artificielle) et les idées de différents experts nous aident à ne pas être naïfs ou à simplement chercher à impressionner les gens. Le défi consiste désormais à rassembler l'ensemble de ces éléments autour de règles claires et accessibles à tous. De cette manière, les musées immersifs pourront réellement favoriser la compréhension et la responsabilité, en présentant un patrimoine qui évolue au fil du temps tout en restant fidèle à ceux qui l'ont créé et s'y reconnaissent. (Koren, 2023 ; Dahlberg, 2006 ; Hjørland, 2013 ; Windhager et al., 2019 ; Turner, 2016 ; 2017)

Afin que les musées immersifs transmettent le patrimoine fidèlement et de manière moderne, notre étude repose sur quatre éléments importants. Premièrement, on considère que l'interdisciplinarité permet de trouver de nouvelles idées sans perdre en précision ; cela crée un bon équilibre entre la conception rapide de nouveaux designs et le fait de prendre le temps de vérifier les informations, ce qui est essentiel pour être créatif de manière responsable dans les musées numériques (Darbellay, 2012). Deuxièmement, on utilise une méthode de gestion des connaissances qui est durable et ouverte, en faisant appel à la collaboration de nombreuses personnes et en tenant compte des différentes cultures, pour éviter que les informations ne soient toutes similaires ou trop édulcorées et pour aider à documenter le patrimoine immatériel de manière vraiment participative (Fraisie et al., 2019). Troisièmement, on utilise les outils numériques pour organiser les connaissances, en utilisant des normes ouvertes et en reconnaissant que les visiteurs participent à la création du sens, cela permet de créer des présentations, des explications et des diffusions qui peuvent être partagées et vérifiées (Golub et Liu, 2021). Enfin, on explique clairement nos choix et on accepte qu'il existe différents regards sur le monde, afin de faire preuve de transparence, cela aide à savoir d'où proviennent les informations, à indiquer leur degré de certitude et à harmoniser les différents points de vue (Hudon et Mustafa El Hadi, 2012).

Enfin, ces dispositifs nous font évoluer vers une nouvelle forme de responsabilité du savoir. Ils peuvent devenir des moyens de partage entre les générations si leurs outils sont intégrés à des programmes d'enseignement solides, qui accueillent la participation des familles et prennent au sérieux l'ouverture à tous et les principes moraux. Les études sur les jeux éducatifs, les histoires interactives, la réalité étendue et l'intégration, fournissent une base de connaissances et des méthodes pour créer des expériences où l'apprentissage consiste à raconter, faire, ressentir et penser ensemble. La méthode TRAME offre une ligne directrice pour relier le but éducatif,

l'innovation et la responsabilité envers la société. Elle encourage les projets de recherche menés en collaboration (musées, écoles, familles, associations), capables de créer des connaissances spécifiques, partageables et justifiables, condition d'une science de la médiation qui répond aux promesses du musée immersif (Elliott, 1926 ; Hooper-Greenhill et al., 2003 ; Andermann et Arnold-de Simine, 2012).

Enfin, pour ce qui est de garder, de conserver et de partager ce qui nous vient du passé, les musées immersifs se dressent comme moyen de conservation et de transmission du patrimoine à une époque où l'on assiste à une destruction de la mémoire (Afrique, Moyen-Orient, etc.), des cultures, des idées et des données, ce qu'on peut communément appeler mémoricide. Ils ne se contentent plus de montrer ou d'exposer des objets, mais deviennent des lieux vivants où l'on raconte les histoires des artefacts, des monuments et des cultures. Ce sont également des lieux où l'on construit ensemble des connaissances et où l'on se réapproprie l'Histoire. Avec l'arrivée de technologies telles que l'intelligence artificielle, la réalité virtuelle ou les objets connectés, ces outils offrent des moments forts, interactifs et adaptés à chacun, capables de faire revivre, voire de protéger, des aspects de notre patrimoine en danger ou disparus. En réunissant le souvenir, la nouveauté et l'ouverture à tous, les musées immersifs semblent constituer un rempart contre la destruction de la mémoire aujourd'hui, tout en faisant évoluer la manière de transmettre le savoir dans un monde numérique en constante évolution.

PARTIE V – CONCLUSION GENERALE ET LIMITE DE LA RECHERCHE

Le brassage scientifique de notre recherche démontre l'évolution des musées au fil du temps, passant de lieux privés à lieux publics et participatifs. Aujourd'hui, le numérique apporte une transformation majeure à ces institutions. La structure et le rôle de ces lieux, se trouvent profondément changés. Bien loin des lieux sacrés d'antan, l'évolution numérique et l'intégration de musées immersifs dans les institutions culturelles, ouvrent un nouveau champ de réflexion interdisciplinaire. L'observation sous une multiplicité d'angles, nous a permis de mettre en lumière les nombreux enjeux qui se jouent dans notre société.

L'intégration du numérique dans les musées ne se limite pas à un outil de médiation ou d'innovation technique ; elle constitue une véritable évolution et un tournant épistémologique, culturel et social. À travers les dispositifs immersifs, le musée se redéfinit comme un espace dynamique où la transmission des savoirs devient une co-construction entre les institutions, les technologies et les publics. Cette mutation profonde induite par les humanités numériques, ne se contentent plus d'analyser le monde, mais cherchent à le recréer, à le ressentir et à le partager de manière sensible, interactive et critique.

Dans cette perspective, les musées immersifs s'imposent comme des lieux d'études mêlant narration, espace et interaction. Ils mettent à nu un nouveau jour entre la mémoire, la connaissance et l'expérience. L'immersion, loin d'être un simple effet de spectacle, agit comme un langage impliquant un système sémiotique complexe où les signes visuels, sonores, tactiles et narratifs interagissent dans l'optique de produire du sens. Les apports de Saussure, Peirce, Eco et Barthes ont permis d'envisager ces environnements comme des structures d'interprétation ouvertes, où le visiteur devient un acteur du récit, un co-auteur de la signification, mobilisant son corps, ses émotions et son intellect. Ainsi, la visite se transforme en un parcours de lecture multisensoriel, où la compréhension naît du mouvement, de la perception et de l'échange.

Mais comprendre les musées immersifs uniquement à travers la sémiotique des signes et des formes ne suffit pas. Leur étude appelle une approche élargie, qui intègre les dimensions sociales, politiques et économiques de la médiation culturelle. En croisant sémiotique et sociologie, ce travail a montré que les dispositifs immersifs sont aussi des constructions sociales, révélatrices des tensions de notre époque : inclusion et exclusion, innovation et standardisation, mémoire partagée et mémoire effacée. Le musée, en s'ouvrant à la participation, devient un lieu de négociation du pouvoir symbolique, un espace où se rejouent les rapports entre les institutions, les publics et les savoirs.

Ainsi, l'immersion engage une responsabilité nouvelle. Être immersif ne signifie pas seulement séduire le visiteur, mais aussi lui donner les moyens de comprendre les récits, les choix techniques et les cadres éthiques qui sous-tendent l'expérience. Le numérique oblige les musées à repenser la transparence de leurs données, la diversité des voix qu'ils exposent, la justice culturelle qu'ils défendent. C'est en cela que les musées immersifs deviennent des acteurs critiques de la société : ils ne reproduisent plus simplement le passé, ils interrogent la manière dont il est reconstruit, transmis et perçu dans un monde saturé d'images et d'informations.

Cette transformation n'est pas exempte de risques. La marchandisation des expériences, la perte de sens au profit du spectacle, la collecte abusive de données ou l'exclusion symbolique de certains publics rappellent la nécessité d'un cadre éthique solide. Les principes FAIR et CARE, la conception inclusive et la participation citoyenne constituent alors les fondements d'une muséologie numérique responsable. Le musée immersif doit apprendre à équilibrer innovation et intégrité, accessibilité et exigence, émotion et connaissance.

Au-delà des enjeux techniques, cette étude montre que l'immersion peut devenir un véritable instrument de justice culturelle. En associant pédagogie, co-création et mémoire partagée, elle permet de lutter contre la destruction de la mémoire, cette érosion lente des traces, des savoirs et des patrimoines. Les expériences immersives, lorsqu'elles sont conçues avec rigueur, peuvent non seulement recréer des mondes disparus, mais aussi préserver ceux qui menacent de s'effacer. Elles incarnent alors une nouvelle forme de transmission : dynamique, collective et plurielle, où la technologie se met au service du lien social et du sens commun.

En définitive, le musée immersif n'est pas simplement une évolution du musée traditionnel ; il en est la relecture contemporaine. Il réunit la conservation, la création et la critique dans un même geste. Il propose un humanisme renouvelé, fondé sur la rencontre entre les savoirs, les émotions et les technologies. S'il parvient à concilier innovation et responsabilité, inclusion et rigueur scientifique, il pourra devenir l'un des espaces les plus féconds du XXI^e siècle : un lieu de mémoire active, de dialogue interculturel et de reconstruction du sens à l'ère numérique.

Ainsi, cette recherche conduit à une conviction essentielle : le musée immersif n'est pas seulement un dispositif technologique, mais une promesse éthique et culturelle, celle de maintenir vivante la transmission du patrimoine dans un monde en transformation, tout en redonnant au visiteur sa place de sujet pensant, sensible et participant dans la construction du savoir collectif.

Glossaire des principaux concepts et termes utilisés dans la thèse

Accessibilité au savoir : Principe visant à garantir à tous les publics un accès équitable à la connaissance, quel que soit leur profil sensoriel, cognitif, culturel ou socio-économique, notamment à travers les outils numériques.

Avatar numérique : Représentation virtuelle, graphique ou tridimensionnelle d'un individu dans un environnement numérique ou immersif. L'avatar sert d'intermédiaire entre l'utilisateur et l'espace simulé, permettant l'interaction et la personnalisation de l'expérience.

BIM (Building Information Modeling) : Processus et technologie de modélisation des données du bâtiment permettant de créer, visualiser et gérer des représentations numériques tridimensionnelles enrichies d'informations. Le BIM favorise la collaboration entre les différents acteurs (architectes, ingénieurs, conservateurs, gestionnaires du patrimoine) en centralisant les données relatives à la conception, à la construction, à la restauration et à la maintenance d'un édifice. Dans le domaine patrimonial, il devient un outil essentiel pour la documentation, la conservation et la valorisation des monuments historiques.

Bibliothèque, Archive et Musée (LAM) : Terme désignant la collaboration entre bibliothèques, archives et musées dans la mise en commun des pratiques documentaires et des systèmes d'information.

Bibliothèque, Archive, Musée et Galerie d'art (GLAM) : Acronyme désignant l'ensemble des institutions patrimoniales impliquées dans la préservation, la gestion et la diffusion du patrimoine culturel à l'ère numérique.

Co-construction du savoir : Processus collaboratif par lequel différents acteurs, chercheurs, professionnels, publics, participent ensemble à la production et à la validation des connaissances.

Dispositif numérique : Ensemble de technologies, d'interfaces et de supports numériques conçus pour faciliter la médiation, la communication ou l'interaction dans un contexte culturel, pédagogique ou patrimonial. Le dispositif relie les acteurs (institution, contenu, public) à travers une logique technique et symbolique.

Diversité et inclusion : Valeurs et pratiques visant à garantir la reconnaissance et la participation de tous les groupes sociaux, culturels et identitaires au sein des institutions culturelles.

Exposition interactive : Dispositifs d'exposition engageant activement le visiteur par l'intermédiaire d'interfaces, de capteurs ou de technologies immersives, favorisant la participation, l'expérimentation et l'apprentissage.

Expérience des visiteurs : Ensemble des perceptions, émotions, apprentissages et interactions vécus par un visiteur au sein d'un musée ou d'un dispositif culturel. Elle englobe la dimension cognitive, sensorielle et affective de la rencontre avec les œuvres et les technologies.

Expérience utilisateur (UX) : Ensemble des perceptions, émotions et comportements ressentis par une personne lors de son interaction avec un dispositif numérique, un service ou un espace muséal interactif.

HBIM (Heritage Building Information Modeling) : Extension du BIM (Building Information Modeling) appliquée au domaine du patrimoine bâti. Le HBIM consiste à créer des modèles numériques 3D précis et documentés de bâtiments historiques, intégrant à la fois leurs caractéristiques géométriques, matérielles et historiques. Il permet d'analyser, de conserver, de restaurer et de gérer les monuments en facilitant la collaboration entre chercheurs, architectes, conservateurs et ingénieurs. Outil de recherche et de médiation, le HBIM contribue également à la diffusion et à la valorisation du patrimoine culturel grâce à des représentations interactives et interopérables.

Humanités numériques : Champ interdisciplinaire qui explore l'usage des technologies numériques pour la recherche, la conservation, l'interprétation et la diffusion des connaissances dans les sciences humaines et sociales. Elles favorisent la collaboration, la visualisation et l'accès ouvert aux données culturelles.

Inclusion culturelle : Démarche visant à représenter, valoriser et impliquer la diversité des cultures, des identités et des expériences humaines dans les pratiques et les discours patrimoniaux.

Inclusion des visiteurs : Démarche visant à garantir que tous les publics, quelles que soient leurs capacités physiques, sensorielles, cognitives ou culturelles, puissent accéder, comprendre et participer pleinement à l'expérience muséale.

Jumeau numérique (digital twin) : Modèle virtuel dynamique d'un objet, d'un espace ou d'un bâtiment patrimonial, créé à partir de données réelles et mis à jour en temps réel. Il permet d'analyser, de conserver et de simuler le comportement ou l'état d'un élément culturel.

Justice sociale et culturelle : Concept qui défend une répartition équitable des ressources, des représentations et des opportunités dans le champ culturel, afin de corriger les déséquilibres liés à l'exclusion ou à la domination symbolique.

Lieux de savoir et de mémoire : Espaces physiques ou symboliques où se construisent, se conservent et se transmettent les connaissances et les souvenirs collectifs, contribuant à la formation de l'identité culturelle et sociale.

MidJourney : Programme d'intelligence artificielle qui permet de créer des images à partir de descriptions textuelles utilisant l'intelligence artificielle, développé par OpenAI.

Musée immersif : Dispositifs technologiques ou scénographiques permettant une immersion sensorielle et cognitive du visiteur dans un environnement reconstitué, interactif ou virtuel, utilisés par les institutions muséales ou patrimoniales.

Musée virtuel : Espaces muséaux dématérialisés accessibles en ligne, permettant la consultation, l'exploration ou la reconstitution d'œuvres et d'expositions via des interfaces numériques interactives.

Muséologie numérique : Champ de recherche et de pratique qui étudie l'intégration des technologies numériques dans les musées, incluant la conception d'expositions, la gestion des collections et la médiation avec les publics.

Médiation numérique : Processus par lequel les outils et technologies numériques facilitent la mise en relation entre le public, les œuvres et les savoirs. Elle combine une dimension technique (interfaces, plateformes, dispositifs) et une dimension culturelle (interprétation, appropriation, participation).

Participation citoyenne : Implication active du public dans la conception, la gestion ou la diffusion des projets culturels et patrimoniaux, favorisant la co-création et l'appropriation collective du savoir.

Patrimoine matériel et immatériel : Le patrimoine matériel regroupe les objets, bâtiments et œuvres tangibles, tandis que le patrimoine immatériel comprend les traditions, savoir-faire, langues, pratiques sociales et expressions culturelles.

Patrimoine numérique : Ensemble des ressources culturelles créées, numérisées ou conservées sous forme numérique, incluant les œuvres, archives, données et métadonnées patrimoniales accessibles en ligne ou sur supports numériques.

Projection mapping : Technique de projection visuelle qui permet d'afficher des images, animations ou vidéos sur des surfaces tridimensionnelles (bâtiments, objets, décors), créant des effets immersifs et interactifs. Elle est souvent utilisée dans les musées pour valoriser le patrimoine ou scénographier des expositions.

Préservation du patrimoine culturel : Ensemble des actions et des techniques visant à sauvegarder, documenter et transmettre les biens matériels et immatériels porteurs de valeur historique, artistique ou identitaire, y compris par le recours aux technologies numériques.

Pédagogie immersive : Approche d'apprentissage fondée sur l'immersion sensorielle, émotionnelle ou cognitive, souvent médiatisée par des environnements virtuels ou interactifs.

Responsabilité sociale des musées : Engagement des institutions muséales à agir de manière éthique et solidaire envers la société, notamment en favorisant l'accès à la culture, la durabilité, la participation citoyenne et la justice sociale.

Réalité augmentée : Technologie superposant des éléments virtuels au monde réel en temps réel.

Réalité virtuelle : Environnement généré par ordinateur, comprenant un certain degré d'interactivité via l'interface, dans le but de créer un sentiment d'immersion et de présence pour l'utilisateur.

Réalité étendue : Désigne toutes les technologies immersives.

Réalités mixtes : Terme qui recouvre la réalité augmentée et la virtualité augmentée.

Technologie de simulation : Ensemble des systèmes informatiques permettant de reproduire virtuellement des phénomènes, des environnements ou des objets réels. Ces technologies sont utilisées dans les musées immersifs pour recréer des contextes historiques, scientifiques ou artistiques.

Technologie éducative : Application des outils et méthodes numériques à des fins pédagogiques. Elle vise à soutenir l'apprentissage, à favoriser l'interactivité et à adapter les contenus aux besoins des apprenants ou des visiteurs.

Transmission du savoir : Processus de partage, de circulation et de transformation des connaissances entre les individus, les générations et les institutions culturelles.

Glossary of Key Concepts and Terms Used in the Dissertation

Accessibility to Knowledge: A principle aimed at ensuring equitable access to knowledge for all audiences, regardless of sensory, cognitive, cultural, or socio-economic profiles, particularly through the use of digital tools.

Digital Avatar: A virtual, graphic, or three-dimensional representation of an individual within a digital or immersive environment. The avatar acts as an intermediary between the user and the simulated space, enabling interaction and the personalization of the experience.

BIM (Building Information Modeling): A process and technology for building data modeling that enables the creation, visualization, and management of three-dimensional digital representations enriched with information. BIM promotes collaboration among various stakeholders (architects, engineers, curators, heritage managers) by centralizing data related to the design, construction, restoration, and maintenance of a structure. In the heritage field, it serves as an essential tool for documentation, conservation, and the enhancement of historic monuments.

Library, Archive, and Museum (LAM): A term referring to the collaboration between libraries, archives, and museums through the sharing of documentary practices and information systems.

Galleries, Libraries, Archives, and Museums (GLAM): An acronym referring to the network of cultural heritage institutions involved in the preservation, management, and dissemination of cultural heritage in the digital age.

Co-construction of Knowledge: A collaborative process through which diverse actors, researchers, professionals, and audiences, jointly participate in the production and validation of knowledge.

Digital Device: A set of technologies, interfaces, and digital supports designed to facilitate mediation, communication, or interaction within a cultural, educational, or heritage context. The device connects institutions, content, and audiences through both technical and symbolic frameworks.

Diversity and Inclusion: Values and practices that ensure the recognition and participation of all social, cultural, and identity groups within cultural institutions.

Interactive Exhibition: An exhibition format that actively engages visitors through interfaces, sensors, or immersive technologies, encouraging participation, experimentation, and learning.

Visitor Experience: The set of perceptions, emotions, learnings, and interactions experienced by a visitor within a museum or cultural environment. It encompasses cognitive, sensory, and affective dimensions of engagement with artworks and technologies.

User Experience (UX): The set of perceptions, emotions, and behaviors experienced by an individual during interaction with a digital device, service, or interactive museum space.

HBIM (Heritage Building Information Modeling): An extension of BIM (Building Information Modeling) applied to built heritage. HBIM involves creating accurate and well-documented 3D digital models of historical buildings that integrate geometric, material, and historical characteristics. It supports analysis, conservation, restoration, and management of monuments by facilitating collaboration among researchers, architects, conservators, and engineers. As both a research and mediation tool, HBIM also contributes to the dissemination and valorization of cultural heritage through interactive and interoperable representations.

Digital Humanities: An interdisciplinary field that explores the use of digital technologies for research, conservation, interpretation, and dissemination of knowledge in the humanities and social sciences. It promotes collaboration, visualization, and open access to cultural data.

Cultural Inclusion: An approach aimed at representing, valuing, and involving the diversity of cultures, identities, and human experiences in heritage practices and discourses.

Visitor Inclusion: An approach ensuring that all audiences, regardless of physical, sensory, cognitive, or cultural abilities, can access, understand, and fully participate in the museum experience.

Digital Twin: A dynamic virtual model of a heritage object, space, or building, created from real-world data and updated in real time. It enables the analysis, preservation, and simulation of the behavior or condition of cultural elements.

Social and Cultural Justice: A concept advocating for the equitable distribution of resources, representations, and opportunities within the cultural field to correct imbalances caused by exclusion or symbolic domination.

Places of Knowledge and Memory: Physical or symbolic spaces where knowledge and collective memory are created, preserved, and transmitted, contributing to the formation of cultural and social identity.

MidJourney: An artificial intelligence program that generates images from textual descriptions, developed by OpenAI.

Immersive Museum: A set of technological or scenographic devices enabling the sensory and cognitive immersion of visitors in reconstructed, interactive, or virtual environments used by museums and heritage institutions.

Virtual Museum: Dematerialized museum spaces accessible online, allowing users to consult, explore, or reconstruct artworks and exhibitions through interactive digital interfaces.

Digital Museology: A field of research and practice that studies the integration of digital technologies in museums, including exhibition design, collection management, and audience mediation.

Digital Mediation: A process through which digital tools and technologies facilitate relationships between the public, artworks, and knowledge. It combines a technical dimension (interfaces, platforms, devices) with a cultural dimension (interpretation, appropriation, participation).

Citizen Participation: The active involvement of the public in the design, management, or dissemination of cultural and heritage projects, fostering co-creation and collective ownership of knowledge.

Tangible and Intangible Heritage: Tangible heritage encompasses physical objects, buildings, and artworks, while intangible heritage includes traditions, know-how, languages, social practices, and cultural expressions.

Digital Heritage: All cultural resources created, digitized, or preserved in digital form, including artworks, archives, data, and heritage metadata accessible online or through digital media.

Projection Mapping: A visual projection technique that displays images, animations, or videos onto three-dimensional surfaces (buildings, objects, sets), creating immersive and interactive effects. Frequently used in museums to highlight heritage or enhance exhibition scenography.

Cultural Heritage Preservation: A set of actions and techniques aimed at safeguarding, documenting, and transmitting material and immaterial assets of historical, artistic, or identity value, including through the use of digital technologies.

Immersive Pedagogy: A learning approach based on sensory, emotional, or cognitive immersion, often mediated through virtual or interactive environments.

Museums' Social Responsibility: The commitment of museum institutions to act ethically and responsibly toward society, notably by promoting access to culture, sustainability, civic participation, and social justice.

Augmented Reality (AR): A technology that superimposes virtual elements onto the real world in real time.

Virtual Reality (VR): A computer-generated environment offering a degree of interactivity through interfaces, designed to create a sense of immersion and presence for the user.

Extended Reality (XR): An umbrella term encompassing all immersive technologies.

Mixed Reality (MR): A term encompassing both augmented reality and augmented virtuality.

Simulation Technology: A set of computational systems that virtually reproduce real-world phenomena, environments, or objects. Such technologies are used in immersive museums to recreate historical, scientific, or artistic contexts.

Educational Technology: The application of digital tools and methods for pedagogical purposes. It aims to support learning, foster interactivity, and adapt content to learners' or visitors' needs.

Knowledge Transmission: The process of sharing, circulating, and transforming knowledge among individuals, generations, and cultural institutions.

Bibliographie/Webographie :

- Abkarian, H., Tahlyan, D., Mahmassani, H., & Smilowitz, K. (2022). Characterizing visitor engagement behavior at large-scale events : Activity sequence clustering and ranking using GPS tracking data. *Tourism Management*, 88, 104421. <https://doi.org/10.1016/j.tourman.2021.104421>
- Ablali, D. (2004). Sémiotique et phénoménologie. *Semiotica*, 2004(151). <https://doi.org/10.1515/semi.2004.070>
- Adamu, A. S., Abdullahi, S. E., & Aminu, R. K. (2019). A Survey on Software Applications use in Therapy for Autistic Children. *2019 15th International Conference on Electronics, Computer and Computation (ICECCO)*, 1-4. <https://doi.org/10.1109/ICECCO48375.2019.9043237>
- Ahn, S. J., & Bailenson, J. N. (2011). *Self-endorsing versus other-endorsing in virtual environments*.
- Al-Bahri, M. (2023). Smart system Based on Augmented Reality for Displaying Cultural Heritage in Oman. *Artificial Intelligence & Robotics Development Journal*, 229-247. <https://doi.org/10.52098/airdj.202367>
- Alborzi, H., Druin, A., Montemayor, J., Platner, M., Porteous, J., Sherman, L., Boltman, A., Taxén, G., Best, J., Hammer, J., Kruskal, A., Lal, A., Schwenn, T. P., Sumida, L., Wagner, R., & Hendler, J. (2000). Designing StoryRooms : Interactive storytelling spaces for children. *Proceedings of the 3rd Conference on Designing Interactive Systems: Processes, Practices, Methods, and Techniques*, 95-104. <https://doi.org/10.1145/347642.347673>
- Alcantara, C., & Lavigne, A. (2020). Introduction:Une approche empirique et pluridisciplinaire pour comprendre et analyser les applications de l'IA dans les organisations. *Communication & management*, 17(2), 5-8. <https://doi.org/10.3917/comma.172.0005>
- Aldana, G. (2021). *Interactive Storytelling for the Screen* (S. R. Meyer, Éd.; 1^{re} éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003011293>
- Aldrich, C. (2005). *Learning by doing : A comprehensive guide to simulations, computer games, and pedagogy in e-learning and other educational experiences* (Nachdr.). Pfeiffer.
- Alkishri, W., & Al-Bahri, M. (2021a). Expert system for identifying and analyzing the IoT devices using Augmented Reality Approach. *Artificial Intelligence & Robotics Development Journal*, 43-57. <https://doi.org/10.52098/airdj.202123>
- Allal-Chérif, O. (2022a). Intelligent cathedrals : Using augmented reality, virtual reality, and artificial intelligence to provide an intense cultural, historical, and religious visitor experience. *Technological Forecasting and Social Change*, 178, 121604. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2022.121604>
- Alper, M. (2021). *Critical Media Access Studies : Deconstructing Power, Visibility, and Marginality in Mediated Space*.
- Altundas, S., & Karaarslan, E. (2023). Cross-platform and Personalized Avatars in the Metaverse :

- Ready Player Me Case. In E. Karaarslan, Ö. Aydin, Ü. Cali, & M. Challenger (Éds.), *Digital Twin Driven Intelligent Systems and Emerging Metaverse* (p. 317-330). Springer Nature Singapore. https://doi.org/10.1007/978-981-99-0252-1_16
- Andermann, J., & Simine, S. A. (2012). Museums and the Educational Turn. *Journal of Educational Media, Memory, and Society*, 4(2), 1-7. <https://doi.org/10.3167/jemms.2012.040201>
- Andersen, M. S., Klingenberg, S., Petersen, G. B., Creed, P. A., & Makransky, G. (2022). Fostering science interests through head-mounted displays. *Journal of Computer Assisted Learning*, 39(2), 369-379. <https://doi.org/10.1111/jcal.12749>
- Andreacola, F. (2014). Musée et numérique, enjeux et mutations. *Revue française des sciences de l'information et de la communication*, 5. <https://doi.org/10.4000/rfsic.1056>
- Anshari, M., Hamdan, M., Ahmad, N., Ali, E., & Haidi, H. (2023a). COVID-19, artificial intelligence, ethical challenges and policy implications. *AI & SOCIETY*, 38(2), 707-720. <https://doi.org/10.1007/s00146-022-01471-6>
- Anthes, C., Garcia-Hernandez, R. J., Wiedemann, M., & Kranzlmüller, D. (2016a). State of the art of virtual reality technology. *2016 IEEE Aerospace Conference*, 1-19. <https://doi.org/10.1109/AERO.2016.7500674>
- Apollonio, F. I., Fantini, F., Garagnani, S., & Gaiani, M. (2021). A Photogrammetry-Based Workflow for the Accurate 3D Construction and Visualization of Museums Assets. *Remote Sensing*, 13(3), 486. <https://doi.org/10.3390/rs13030486>
- Appiotti, S., & Sandri, É. (2020). « Innovez ! Participez ! » Interroger la relation entre musée et numérique au travers des injonctions adressées aux professionnels. *Culture & musées*, 35, 25-48. <https://doi.org/10.4000/culturemusees.4383>
- Armengaud, F. (2000). Faire ou ne pas faire d'images. Emmanuel Levinas et l'art d'oblitération. *Noesis*, 3. <https://doi.org/10.4000/noesis.11>
- Arnaud, L. (2015). *Action culturelle et émancipation par la culture. Un éclairage sociohistorique*.
- Atreya, S., & Dhar, A. (2024). The Neuroaesthetic Impact of Michelangelo's David in Levi's Ad Campaign : Cognitive and Emotional Responses to Classical Art in Modern Advertising. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.5089134>
- Ayukawa, C. (2021). *Creating Inclusive Object Narratives for Accessible Museum Exhibitions* [Master of Design, Carleton University]. <https://doi.org/10.22215/etd/2021-14722>
- Badir, S. (2007). La sémiotique aux prises avec les médias. *Semen*, 23. <https://doi.org/10.4000/semen.4951>
- Badir, S., & Lemos, C. L. (2020). Sémiotique et épistémologie : Des conditions d'un dialogue. *Estudos Semióticos*, 16(3), i-xxii. <https://doi.org/10.11606/issn.1980-4016.esse.2020.178519>
- Badulescu, C., & Bideran, J. de. (2023). Les publics des musées et institutions culturelles à l'ère du numérique. *Revue française des sciences de l'information et de la communication*, 27. <https://doi.org/10.4000/rfsic.14721>

- Bailenson, J. N., & Segovia, K. Y. (2010). Virtual Doppelgangers : Psychological Effects of Avatars Who Ignore Their Owners. In W. S. Bainbridge (Éd.), *Online Worlds : Convergence of the Real and the Virtual* (p. 175-186). Springer London. https://doi.org/10.1007/978-1-84882-825-4_14
- Bailenson, J. N., Swinth, K., Hoyt, C., Persky, S., Dimov, A., & Blascovich, J. (2005). The Independent and Interactive Effects of Embodied-Agent Appearance and Behavior on Self-Report, Cognitive, and Behavioral Markers of Copresence in Immersive Virtual Environments. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 14(4), 379-393. <https://doi.org/10.1162/105474605774785235>
- Bandiera, A., Alfonso, C., & Auriemma, R. (2015). Active and passive 3d imaging technologies applied to waterlogged wooden artifacts from SHIPWRECKS. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W5, 15-23. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W5-15-2015>
- Bandiera, A., Alfonso, C., Auriemma, R., & Di Bartolo, M. (2013). Monitoring and conservation of archaeological wooden elements from ship wrecks using 3D digital imaging. *2013 Digital Heritage International Congress (DigitalHeritage)*, 113-118. <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6743720>
- Banfi, F. (2021). The Evolution of Interactivity, Immersion and Interoperability in HBIM : Digital Model Uses, VR and AR for Built Cultural Heritage. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, 10(10), 685. <https://doi.org/10.3390/ijgi10100685>
- Barab, S., Zuiker, S., Warren, S., Hickey, D., Ingram-Goble, A., Kwon, E., Kouper, I., & Herring, S. C. (2007). Situationally embodied curriculum: Relating formalisms and contexts. *Science Education*, 91(5), 750-782. <https://doi.org/10.1002/sce.20217>
- Barrado-Timón, D. A., & Hidalgo-Giralt, C. (2019a). The Historic City, Its Transmission and Perception via Augmented Reality and Virtual Reality and the Use of the Past as a Resource for the Present : A New Era for Urban Cultural Heritage and Tourism? *Sustainability*, 11(10), 2835. <https://doi.org/10.3390/su11102835>
- Barricelli, B. R., Gadia, D., Rizzi, A., & Marini, D. L. R. (2016). Semiotics of virtual reality as a communication process. *Behaviour & Information Technology*, 35(11), 879-896. <https://doi.org/10.1080/0144929X.2016.1212092>
- Barry, L. M., & Burlew, S. B. (2004). Using Social Stories to Teach Choice and Play Skills to Children With Autism. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 19(1), 45-51. <https://doi.org/10.1177/10883576040190010601>
- Barthes, R. (1957). *Mythologies* (Nachdr.). Éd. du Seuil.
- Basso Fossali, P., & Dondero, M. G. (Éds.). (2006). *Semiotica della fotografia : Investigazioni teoriche e pratiche d'analisi* (1. ed). Guaraldi.
- Baujard, C. (2013). *Du musée conservateur au musée virtuel : Patrimoine et institution*. Hermès science publications-Lavoisier.

- Baujard, C. (Dir.). (2019). Environnement numérique et musées (Vol. 15, n° 1, pp. 240). Hermès Lavoisier. Les Cahiers du Numérique. <https://hal.science/hal-01993600>
- Baujard, C. (2023a). Médiation culturelle : Patrimoine et éthique muséale. *Communication, technologies et développement*, 14. <https://doi.org/10.4000/ctd.9575>
- Bekele, M. K., & Champion, E. (2019). A Comparison of Immersive Realities and Interaction Methods : Cultural Learning in Virtual Heritage. *Frontiers in Robotics and AI*, 6, 91. <https://doi.org/10.3389/frobt.2019.00091>
- Bell, M. W. (1970). Toward a Definition of “Virtual Worlds”. *Journal For Virtual Worlds Research*, 1(1). <https://doi.org/10.4101/jvwr.v1i1.283>
- Bellin, S. (2024). L’art contemporain en ligne : Éditorialisation de la documentation, triple médiation des images et hyper-œuvre. *Études de communication*, 63, 51-72. <https://doi.org/10.4000/12uyd>
- Bellmont, T. R. (2021). *About the new definition of a 21st century museum*.
- Bénel, A. (2014). Quelle interdisciplinarité pour les « humanités numériques » ? *Les cahiers du numérique*, 10(4), 103-132. <https://doi.org/10.3166/lcn.10.4.103-132>
- Benford, S., Koleva, B., Rodden, T., & Giannachi, G. (2015). *From Interaction to Trajectories : Designing Coherent Journeys Through User Experiences*.
- Bennet, D., & Bennet, A. (2004a). The Rise of the Knowledge Organization. In C. W. Holsapple (Éd.), *Handbook on Knowledge Management 1* (p. 5-20). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-540-24746-3_1
- Benoist, A. (s. d.). *Le fonctionnement sémiotique des objets*.
- Berlanga-Fernández, I., & Reyes, E. (2024). The digital approach to semiotics : A systematic review. *Text & Talk*, 44(1), 119-140. <https://doi.org/10.1515/text-2021-0073>
- Bernetière, C. (2024). L’image numérique en archéologie : De l’adjuvant de recherche à la production d’imaginaires touristiques. *Études de communication*, 63, 95-112. <https://doi.org/10.4000/12uyf>
- Berrewaerts, J., Fries, V., Goblet, D., Jacques, V., Mille, C., & Mercier, M. (2016). Handicap, sexualité et citoyenneté: *La Revue Nouvelle*, N° 3(3), 48-55. <https://doi.org/10.3917/rn.163.0048>
- Berthelot-Guiet, K. (2004). Instrumentalisations de la sémiotique. *Études de communication*, 27. <https://doi.org/10.4000/edc.148>
- Bertrand, S., Vassiliadi, M., Zikas, P., Geronikolakis, E., & Papagiannakis, G. (2021). From Readership to Usership : Communicating Heritage Digitally Through Presence, Embodiment and Aesthetic Experience. *Frontiers in Communication*, 6, 676446. <https://doi.org/10.3389/fcomm.2021.676446>
- Besse, L. (2016). L’action des maisons des Jeunes et de la Culture: *Informations sociales*, n° 190(4), 26-35. <https://doi.org/10.3917/inso.190.0026>
- Bianchi, C., & Vassallo, C. (2015). Introduction : Umberto Eco’s interpretative semiotics: Interpretation, encyclopedia, translation. *Semiotica*, 2015(206), 5-11. <https://doi.org/10.1515/sem-2015-0017>
- Biedermann, B. (2021). *Virtual museums as an extended museum experience : Challenges and impacts*

- for museology, digital humanities, museums and visitors – in times of (Coronavirus) crisis.*
- Bonfait, O., Courtin, A., & Klammt, A. (2021). Introduction. *Histoire de l'art*, 87(1), 5-16.
https://www.persee.fr/doc/hista_0992-2059_2021_num_87_1_3931
- Bigot, J.-E., & Mabi, C. (2017). Une instrumentation numérique des sciences humaines et sociales. Enjeux épistémologiques et communicationnels. *Les cahiers du numérique*, 13(3-4), 63-89.
<https://doi.org/10.3166/lcn.13.3-4.63-89>
- Blanc, G. L. (2018). Vers un musée de l'hospitalité ? *Hommes & migrations*, 1323, 132-138.
<https://doi.org/10.4000/hommesmigrations.7406>
- Bloch, I. (2005). *La sémiotique de C.S.Peirce et la didactique des mathématiques.*
- Bod, R., & Kursell, J. (2015). Introduction : The Humanities and the Sciences. *Isis*, 106(2), 337-340.
<https://doi.org/10.1086/681993>
- Bohnert, F., & Zukerman, I. (2013). Personalised viewing-time prediction in museums. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 24(4), 263-314. <https://doi.org/10.1007/s11257-013-9141-8>
- Boltanski, L. (2006). *Croissance des inégalités, effacement des classes sociales ?*
- Bonacini, E. (2021). *Storytelling digitale in ambito culturale e il suo ruolo in ambito educativo – Rivista.*
- Bonarini, A., Clasadonte, F., Garzotto, F., & Gelsomini, M. (2016). Blending robots and full-body interaction with large screens for children with intellectual disability. *Proceedings of the 14th International Conference on Interaction Design and Children*, 351-354.
<https://doi.org/10.1145/2771839.2771914>
- Bonarini, A., Clasadonte, F., Garzotto, F., Gelsomini, M., & Romero, M. (2016). Playful interaction with Teo, a Mobile Robot for Children with Neurodevelopmental Disorders. *Proceedings of the 7th International Conference on Software Development and Technologies for Enhancing Accessibility and Fighting Info-Exclusion*, 223-231. <https://doi.org/10.1145/3019943.3019976>
- Bonarini, A., Garzotto, F., Gelsomini, M., Romero, M., Clasadonte, F., & Yilmaz, A. N. C. (2016). A huggable, mobile robot for developmental disorder interventions in a multi-modal interaction space. *2016 25th IEEE International Symposium on Robot and Human Interactive Communication (RO-MAN)*, 823-830. <https://doi.org/10.1109/ROMAN.2016.7745214>
- Bonéva, R. (2012). Dispositif-outil de la mise en scène. *Actes Sémiotiques*, 115.
<https://doi.org/10.25965/as.1983>
- Borowiecki, K. J., Forbes, N., & Fresa, A. (Éds.). (2016). *Cultural Heritage in a Changing World.* Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-29544-2>
- Bosworth, Melissa & Lakshmi Sarah. 2019. *Crafting Stories for Virtual Reality.* Abingdon-on-Thames, UK: Routledge.
- Boudjema, C. (2023a). Retour d'expériences muséales : L'éthique et les protocoles d'expositions d'art Aborigène, d'Australie. *Communication, technologies et développement*, 14.
<https://doi.org/10.4000/ctd.9995>
- Bouissac, P. (1971). Pour une sémiotique du cirque. *semi*, 3(2), 93-120.

<https://doi.org/10.1515/semi.1971.3.2.93>

- Bouko, C. (2015a). Quand le numérique s'invite au château : Les serious games comme outil de médiation du patrimoine. *Études de communication*, 45, 97-112. <https://doi.org/10.4000/edc.6465>
- Boulakal, F. (2025, 13–14 octobre). *Les musées immersifs et le handicap*. Communication présentée au 14e colloque ISKO France, Paris, France. Article accepté.
- Boulakal, F. (2025, février–décembre). *Communication dans le cadre du iSchools PhD Seminar Series*. Séminaires tenus les 05 février, 02 avril, 04 juin, 27 août, 01 octobre et 03 décembre 2025.
- Boulakal, F., & El Hadi, W. M. (2025). *Cultural & knowledge spaces: The immersive museums as a challenge for KO and the digital humanities*. *Informatio*, 30(1), e205. <https://doi.org/10.35643/info.30.1.10>
- Boumhaouad, H. (2017). Pratiques info-communicationnelles des usagers des dispositifs numériques. Théorie de l'acteur-réseau. *Les cahiers du numérique*, 13(3-4), 137-165. <https://doi.org/10.3166/lcn.13.3-4.137-165>
- Bourdieu, P. (s. d.). Le 21 février 1972, pour ouvrir une série d'émissions intitulée « Musées d'aujourd'hui et de demain », Jocelyn de Noblet recevait Pierre Bourdieu, qui exposait le cadre, les conclusions et les enjeux de son étude sur la fréquentation des musées et leur signification sociale. *Pierre Bourdieu*.
- Bourdin, D. (2005). Logique, sémiotique, pragmatisme et métaphysique : Note sur la pensée de Charles Sanders Peirce. *Revue française de psychanalyse*, 69(3), 733. <https://doi.org/10.3917/rfp.693.0733>
- Bourdon, J. (2020). Roselyne Koren, Rhétorique et éthique. Du Jugement de valeur : Paris, Classiques Garnier, coll. L'Univers rhétorique, 2019, 324 pages. *Questions de communication*, 37, 450-452. <https://doi.org/10.4000/questionsdecommunication.22932>
- Bouzidi, L., & Boulesnane, S. (2017a). Les humanités numériques. L'évolution des usages et des pratiques. *Les cahiers du numérique*, 13(3-4), 19-38. <https://doi.org/10.3166/lcn.13.3-4.19-38>
- Bowman, D. A., Hodges, L. F., Allison, D., & Wineman, J. (1998). The educational value of an informationrich virtual environment (GVU Technical Report; GIT-GVU-98-05). Atlanta: Georgia Institute of Technology.
- Brandt, P. A. (2012). La pensée graphique. Pour une sémiotique des diagrammes. *Visible*, 9. <https://doi.org/10.25965/visible.467>
- Brennan, M., & Christiansen, L. (s. d.-a). *Virtual Materiality : A Virtual Reality Framework for the Analysis and Visualization of Cultural Heritage 3D Models*.
- Briet, S. (1951). *Qu'est-ce que la documentation ?* Paris : edit. <http://martinetl.free.fr/suzannebriet/questcequeladocumentation/briet.pdf>
- Broden, T. F. (2007). L'interaction de deux pratiques sémiotiques : Un deuil à deux dans Les Yeux bleus cheveux noirs de Marguerite Duras. *Protée*, 34(1), 89-105. <https://doi.org/10.7202/013313ar>

- Broudoux, É. (2020). Éditorialisation et humanités numériques : Pour les documentalistes, un champ ouvert et un rôle à affirmer. *I2D - Information, données & documents*, n° 2(2), 96-98. <https://doi.org/10.3917/i2d.202.0096>
- Brusaporci, S., Graziosi, F., Franchi, F., & Maiezza, P. (2019a). Remediating the Historical City. Ubiquitous Augmented Reality for Cultural Heritage Enhancement. In A. Luigini (Éd.), *Proceedings of the 1st International and Interdisciplinary Conference on Digital Environments for Education, Arts and Heritage* (Vol. 919, p. 305-313). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-12240-9_33
- Buragohain, D., Meng, Y., Deng, C., Li, Q., & Chaudhary, S. (2024). Digitalizing cultural heritage through metaverse applications : Challenges, opportunities, and strategies. *Heritage Science*, 12(1), 295. <https://doi.org/10.1186/s40494-024-01403-1>
- Burdick, A., Drucker, J., Lunenfeld, P., Presner, T., & Schnapp, J. (2012). *Digital_Humanities*. The MIT Press. <https://doi.org/10.7551/mitpress/9248.001.0001>
- Burkhardt, J.-M., Bardy, B., & Lourdeaux, D. (2003). Immersion, Réalisme et Présence dans la conception et l'évaluation des Environnements Virtuels (Immersion, Realism and Presence in the design and evaluation of Virtual Environments). . . *Immersion*.
- Buckland, M. (1991). *Information and information systems*. New York : Praeger.
- Cabot, J., De Virgilio, R., & Torlone, R. (Éds.). (2017). *Web Engineering : 17th International Conference, ICWE 2017, Rome, Italy, June 5-8, 2017, Proceedings* (Vol. 10360). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-60131-1>
- Caccamo, E. (2022). Introduction to Peircean Visual Semiotics de Tony Jappy : Tony JAPPY, Introduction to Peircean Visual Semiotics, Londres, Bloomsbury, coll. « Bloomsbury Advances in Semiotics », 2013, 218 p. *Cygne noir*, 3, 166-170. <https://doi.org/10.7202/1090459ar>
- Cailloux, M. (2024). L'application numérique Sésame : Une fabrication inédite de l'image du patrimoine rural religieux ? *Études de communication*, 63, 73-94. <https://doi.org/10.4000/12uye>
- Calafat, G., & Monnet, É. (2016). À la recherche de l'accès ouvert. Revues et nouveaux formats numériques: *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, n° 62-4 bis(5), 33-42. <https://doi.org/10.3917/rhmc.625.0033>
- Cameron, B., Sandor, C., & Mickan, P. (2011). Social semiotic analysis of the design space of augmented reality. *2011 IEEE International Symposium on Mixed and Augmented Reality - Arts, Media, and Humanities*, 105-106. <https://doi.org/10.1109/ismar-amh.2011.6093666>
- Campitiello, L., Lecce, A., Caldarelli, A., & Todino, M. D. (2022). *Maximising accessibility in museum education through virtual reality: an inclusive perspective*. 4.
- Candela, G., Gabriëls, N., Chambers, S., Dobрева, M., Ames, S., Ferriter, M., Fitzgerald, N., Harbo, V., Hofmann, K., Holownia, O., Irollo, A., Mahey, M., Manchester, E., Pham, T.-A., Potter, A., & Van Keer, E. (2025). A checklist to publish collections as data in GLAM institutions. *Global Knowledge, Memory and Communication*, 74(5-6), 1323-1355. <https://doi.org/10.1108/GKMC->

- Cantera, M. J. R. (s. d.). The renaissance studiolo in europe • le studiolo en europe à la renaissance • lo studiolo rinascimentale in europa. Consulté à l'adresse https://www.academia.edu/93355943/THE_RENAISSANCE_STUDIOLO_IN_EUROPE_LE_STUDIOLO_EN_EUROPE_%C3%80_LA_RENAISSANCE_LO_STUDIOLO_RINASCI_MENTALE_IN_EUROPA
- Capasso, L. (Éd.). (2020). *Atti del XXIX Congresso ANMS : L'accessibilità nei musei : limiti, risorse e strategie : Chieti, 23-25 ottobre 2019*. ANMS [etc.].
- Carrozzino, M., & Bergamasco, M. (2010). Beyond virtual museums : Experiencing immersive virtual reality in real museums. *Journal of Cultural Heritage*, 11(4), 452-458. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2010.04.001>
- Casagrande, A., & Vuillon, L. (2017). Sciences humaines et sociales et méthodes du numérique, un mariage heureux ? *Les cahiers du numérique*, 13(3-4), 115-135. <https://doi.org/10.3166/lcn.13.3-4.115-135>
- Cassette, N. B., & Studio. (2015, 9 février). *Casque de réalité virtuelle — Docteur Damien Gatinel*. <https://www.gatinel.com/recherche-formation/casque-de-realite-virtuelle-oculus-rift/>
- Caswell, M., & Cifor, M. (2016). *From Human Rights to Feminist Ethics : Radical Empathy in the Archives*.
- Cattan, G. (2021). *Réalité Virtuelle : Définition et Engouement*.
- Cerrone, A., Hochhalter, J., Heber, G., & Ingraffea, A. (2014a). On the Effects of Modeling As-Manufactured Geometry : Toward Digital Twin. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2014, 1-10. <https://doi.org/10.1155/2014/439278>
- Chadli, E. M. (2008). *La sémiotique en question ou la boîte des chaînons manquants The Semiotics in question or the missing links box*.
- Chandler, D. (2007). *Semiotics : The basics* (2nd ed). Routledge.
- Chandler, D., Hogan Vega, V., & Rodrigo Mendizábal, Iván. (2001). *Semiótica para principiantes* (3. ed., aum. y corr). Ediciones Abya-Yala : Escuela de Comunicación Social de la Universidad Politécnica Salesiana.
- Charles, D. (2000). Éthique et esthétique dans la pensée d'Emmanuel Levinas. *Noesis*, 3. <https://doi.org/10.4000/noesis.12>
- Chatain, J., Kapur, M., & Sumner, R. W. (2023). Three Perspectives on Embodied Learning in Virtual Reality : Opportunities for Interaction Design. *Extended Abstracts of the 2023 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 1-8. <https://doi.org/10.1145/3544549.3585805>
- Chateau, D., & Lefebvre, M. (2008). Esthétique et sémiotique : Présentation. *Recherches sémiotiques*, 28-29(3-1), 3. <https://doi.org/10.7202/1005860ar>
- Chaves Guimarães, J. A., Bolfarini Tognoli, N., & Rodrigues, A. C. (2025). La complémentarité méthodologique des traditions françaises d'analyse diplomatique et d'analyse documentaire

- pour l'organisation des connaissances en archives et bibliothèques. *Communication, technologies et développement*, 17. <https://doi.org/10.4000/14142>
- Chen, S., Zheng, L., Zhang, Y., Sun, Z., & Xu, K. (2018a). *VERAM: View-Enhanced Recurrent Attention Model for 3D Shape Classification* (No. arXiv:1808.06698). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1808.06698>
- Cheng, Y., Chiang, H.-C., Ye, J., & Cheng, L. (2010). Enhancing empathy instruction using a collaborative virtual learning environment for children with autistic spectrum conditions. *Computers & Education*, 55(4), 1449-1458. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.06.008>
- Cheng, Y., Huang, C.-L., & Yang, C.-S. (2015). Using a 3D Immersive Virtual Environment System to Enhance Social Understanding and Social Skills for Children With Autism Spectrum Disorders. *Focus on Autism and Other Developmental Disabilities*, 30(4), 222-236. <https://doi.org/10.1177/1088357615583473>
- Chevry Pébayle, E. (2019a). Musées et environnement numérique : Quelles stratégies des professionnels des musées ? *Les cahiers du numérique*, 15(1-2), 217-236. <https://doi.org/10.3166/lcn.15.1-2.217-236>
- Ch'ng, E., Chapman, H., Gaffney, V., & Wilson, A. S. (Éds.). (2022). *Visual Heritage : Digital Approaches in Heritage Science*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-77028-0>
- Choi, J. W., Park, J. J., & Jun, H. J. (2024). An Interactive Virtual Reality Approach to Understanding Cultural Heritage Through Storyliving : A Case Study of Seoul City Wall (Hanyangdoseong) in South Korea. *Applied Sciences*, 14(23), 11348. <https://doi.org/10.3390/app142311348>
- Chopra, B., & Gupta, R. (2022). StoryBox : Independent Multi-modal Interactive Storytelling for Children with Visual Impairment. *CHI Conference on Human Factors in Computing Systems Extended Abstracts*, 1-7. <https://doi.org/10.1145/3491101.3519651>
- Chrysanthakopoulou, A., Chrysikopoulos, T., Arvanitis, G., & Moustakas, K. (2025a). Reimagining Historical Exploration : Multi-User Mixed Reality Systems for Cultural Heritage Sites. *Applied Sciences*, 15(5), 2854. <https://doi.org/10.3390/app15052854>
- Chu, J. H., & Mazalek, A. (2019a). Embodied Engagement with Narrative : A Design Framework for Presenting Cultural Heritage Artifacts. *Multimodal Technologies and Interaction*, 3(1), 1. <https://doi.org/10.3390/mti3010001>
- Ciaramelli, F. (1994). L'appel infini à l'interprétation. *Revue Philosophique de Louvain*, 1, 32-52. <https://doi.org/10.2143/RPL.92.1.556242>
- Cimadomo, Guido. 2013. "Documentation and Dissemination of Cultural Heritage: Current Solutions and Considerations about Its Digital Implementation." Proceedings of the DigitalHeritage 2013 – Federating the 19th Int'l VSMM, 10th Eurographics GCH, and 2nd UNESCO Memory of the World Conferences, Plus Special Sessions FromCAA, Arqueologica 2.0 et Al. 1: 555–62. [doi:10.1109/DigitalHeritage.2013.6743796](https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2013.6743796).

- Citton, Y. (2015). Humanités numériques : Une médiapolitique des savoirs encore à inventer. *Multitudes*, 59(2), 169–180. <https://doi.org/10.3917/mult.059.0169>
- Clarke-Midura, J., & Dede, C. (2010a). Assessment, Technology, and Change. *Journal of Research on Technology in Education*, 42(3), 309-328. <https://doi.org/10.1080/15391523.2010.10782553>
- Clavert, F., Daniel, J., Fleckinger, H., Grandjean, M., & Idmhand, F. (2017). Histoire et humanités numériques : Nouveaux terrains de dialogue entre les archives et la recherche. *La Gazette des archives*, 245(1), 121-134. <https://doi.org/10.3406/gazar.2017.5519>
- Clavert, F., & Schafer, V. (2019). Les humanités numériques, un enjeu historique. *Quaderni*, 98, 33-49. <https://doi.org/10.4000/quaderni.1417>
- Clavier, V., & Paganelli, C. (2016). Patrimoine et collections numériques : Politiques, pratiques professionnelles, usages et dispositifs: *Les Enjeux de l'information et de la communication*, n° 16/2(2), 5-13. <https://doi.org/10.3917/enic.019.0005>
- Clini, P., Ruggeri, L., Angeloni, R., & Sasso, M. (2018a). Interactive immersive virtual museum : digital documentation for virtual interaction. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2, 251-257. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-251-2018>
- Coavoux, S., Étienne, J.-M., Besse, L., & Eloy, J. (s. d.). *Familles au musée : L'inégale transmission culturelle*.
- Cogima, C. K., Paiva, P. V. V., Dezen-Kempter, E., Carvalho, M. A. G., & Soibelman, L. (2019a). The Role of Knowledge-Based Information on BIM for Built Heritage. In I. Mutis & T. Hartmann (Éds.), *Advances in Informatics and Computing in Civil and Construction Engineering* (p. 27-34). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-00220-6_4
- Comenius, J. A. (1659). *Joh. Amos. Commenii Orbis sensualium pictus...* http://archive.org/details/bim_early-english-books-1641-1700_joh-amos-commenii-orbi-comenius-johann-amos_1659
- Corcy, M.-S., & Demeulenaere-Douyère, C. (2017). *Musées éphémères, musées imaginaires, musées perdus*. Presses universitaires de Rennes.
- Correa, A. S. (2017). Interacionismo simbólico : Raízes, críticas e perspectivas atuais. *Revista Brasileira de História*, 9.
- Cotroneo, P., & Hutson, J. (2023). Generative AI tools in art education : Exploring prompt engineering and iterative processes for enhanced creativity. *Metaverse*, 4(1), 14. <https://doi.org/10.54517/m.v4i1.2164>
- Couzinet, V. (2000). *Médiations hybrides : le documentaliste et le chercheur en sciences de l'information*. Paris : ADBS.
- Couzinet, V. (2015). A documentologic approach of herbarium : Documentary anabiosis and phylogenetic classification. *Proceedings from the Annual Meeting of the Document Academy*, 2(1). <https://doi.org/10.35492/docam/2/1/16>

- Couzinet, V., Mustafa El Hadi, W. M., & Papy, F. (2020). De quelques théoriciens et quelques praticiens de l'information-documentation. *Les Cahiers du numérique*, 16(1), 9–13. <https://shs.cairn.info/revue-les-cahiers-du-numerique-2020-1-page-9>
- Cristina Cabral, M. (2011). La maison moderne des musées: *Cahiers philosophiques*, n° 124(1), 43-65. <https://doi.org/10.3917/caph.124.0043>
- Cruanes, L. (2025). *L'immersion : Vers une nouvelle norme de l'expérience muséale ? Étude diachronique et critique d'une tendance contemporaine dans les musées en France*.
- Dahlberg, I. (1993a). Knowledge organization: Its scope and possibilities. *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 20(4), 211-222. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-1993-4-211>
- Dahlberg, I. (2006a). *Knowledge Organization : A New Science?*
- Dal Falco, F., & Vassos, S. (2017a). Museum Experience Design : A Modern Storytelling Methodology. *The Design Journal*, 20(sup1), S3975-S3983. <https://doi.org/10.1080/14606925.2017.1352900>
- Damiano, R., Gena, C., Lombardo, V., Nunnari, F., & Pizzo, A. (2008a). A stroll with Carletto : Adaptation in drama-based tours with virtual characters. *User Modeling and User-Adapted Interaction*, 18(5), 417-453. <https://doi.org/10.1007/s11257-008-9053-1>
- Dansereau, F. (2021a). Déploiements des archives, altérité et espaces de mémoires relationnels : Pour une archivistique éthique anticoloniale. *Documentation et bibliothèques*, 67(3), 24-37. <https://doi.org/10.7202/1080161ar>
- Darbellay, F. (2012). Les *Digital Humanities* : Vers une interdisciplinarité 2.0 ? *Natures Sciences Sociétés*, 20(3), 269-270. <https://doi.org/10.1051/nss/2012033>
- Dattolo, A., & Rocco, E. (2024). *RADIO MAGICA'S COMMUNITY TALKING MAPS*:
- Daylamani-Zad, D., Agius, H., & Angelides, M. C. (2020). Reflective agents for personalisation in collaborative games. *Artificial Intelligence Review*, 53(1), 429-474. <https://doi.org/10.1007/s10462-018-9665-8>
- Davallon, J. (2023). Des traces patrimoniales en devenir : Une analyse communicationnelle des modes de patrimonialisation.
- Davallon, J. (2011). Le pouvoir sémiotique de l'espace : Vers une nouvelle conception de l'exposition ? *Hermès, La Revue*, 61(3), 38–44. <https://doi.org/10.3917/herm.061.0038>
- De Abreu Santos, V. Á., & Van Der Borg, J. (2023). Cultural Mapping Tools and Co-Design Process : A Content Analysis to Layering Perspectives on the Creative Production of Space. *Sustainability*, 15(6), 5335. <https://doi.org/10.3390/su15065335>
- De Paolis, L. T., Arpaia, P., & Bourdot, P. (Éds.). (2021a). *Augmented Reality, Virtual Reality, and Computer Graphics : 8th International Conference, AVR 2021, Virtual Event, September 7–10, 2021, Proceedings* (Vol. 12980). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-87595-4>
- De Souza, C. S. (2006). Semiotic Engineering—A New Paradigm for Designing Interactive Systems. In D. Avison, S. Elliot, J. Krogstie, & J. Pries-Heje (Éds.), *The Past and Future of Information*

- Systems : 1976–2006 and Beyond* (Vol. 214, p. 231-242). Springer US.
https://doi.org/10.1007/978-0-387-34732-5_21
- de Bideran, J. (2017). *L'extension numérique du musée*.
- Debray, R. (2000, janvier 1). Les révolutions médiologiques dans l'Histoire [Texte].
<https://bbf.enssib.fr/consulter/bbf-2000-01-0004-001>
- Delarge, A. (2016). *Conclusion La coconstruction, outil principal de la démocratisation des musées*.
- Delmas-Glass, E., Chanas, C., Renoux, A.-M., Robineau, R., & Thompson-Odlum, M. (2021).
Humanités numériques et collections culturelles : Enjeux et défis.
- Deloche, B. (2016). *L'irruption du numérique au musée : De la muséologie à la noologie*.
- Déotte, J.-L. (2011). Le musée n'est pas un dispositif: *Cahiers philosophiques*, n° 124(1), 9-22.
<https://doi.org/10.3917/caph.124.0009>
- Derlon, B., & Jeudy-Ballini, M. (2015). Introduction. Arts et appropriations transculturelles: *Cahiers d'anthropologie sociale*, N° 12(2), 9-23. <https://doi.org/10.3917/cas.012.0009>
- Després-Lonnet, M. (2004). Écrits d'écran : Le fatras sémiotique. *Communication et langages*, 142(1), 33-42. <https://doi.org/10.3406/colan.2004.3301>
- Dezen-Kempter, E., Mezencio, D. L., Miranda, E. D. M., De Sa, D. P., & Dias, U. (2020a). *Towards a Digital Twin for Heritage Interpretation—From HBIM to AR visualization*. 183-191.
<https://doi.org/10.52842/conf.caadria.2020.2.183>
- Dietschy, N., Clivaz, C., & Vinck, D. (2015). Un objet culturel digital : Le cas de la « restauration » de l'Ecce Homo de Borja. *Les Cahiers du numérique*, 11(1), 15–40. <https://shs.cairn.info/revue-les-cahiers-du-numerique-2015-1-page-15>
- Dima, M., & Maples, H. (2021a). Affectual Dramaturgy for Augmented Reality Immersive Heritage Performance. *Body, Space & Technology*, 20(1), 25-36. <https://doi.org/10.16995/bst.368>
- Dion, M. (2019). *Scénographies communicationnelles des installations : Regard esthétique et immersion sociale*.
- Doğan, E., & Jelinčić, D. A. (2023). Changing patterns of mobility and accessibility to culture and leisure : Paradox of inequalities. *Cities*, 132, 104093.
<https://doi.org/10.1016/j.cities.2022.104093>
- Doukianou, S., Daylamani-Zad, D., & Paraskevopoulos, I. (2020a). Beyond Virtual Museums : Adopting Serious Games and Extended Reality (XR) for User-Centred Cultural Experiences. In F. Liarokapis, A. Voulodimos, N. Doulamis, & A. Doulamis (Éds.), *Visual Computing for Cultural Heritage* (p. 283-299). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37191-3_15
- Doury, M. M. (2002). *Roselyne Koren et Ruth Amossy (éds), Après Perelman: quelles politiques pour les nouvelles rhétoriques?, Paris, l'Harmattan, 2002*.
- Du studiolo au cabinet de curiosités. (s. d.). BnF Essentiels. Consulté à l'adresse
<http://essentiels.bnf.fr/fr/enseignants/f41b8d95-e120-427b-8dc8-b3b3dfc5ddf0-studiolo->

- Dragicevic, M., & Bagarić, A. (2019). *Virtual Technology in Museums and Art Galleries Business Practice – The Empirical Research*.
- Dunn, H., & Bourcier, P. (2020a). Nomenclature for Museum Cataloging. *knowledge organization*, 47(2), 183-194. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2020-2-183>
- Duru-Bellat, M. (2013). *Présupposés et tensions dans la mesure des inégalités sociales scolaires*.
- Eco, U. (s. d.). *From A Theory of Semiotics*.
- Edler, D., Kühne, O., Keil, J., & Dickmann, F. (2019a). Audiovisual Cartography : Established and New Multimedia Approaches to Represent Soundscapes. *KN - Journal of Cartography and Geographic Information*, 69(1), 5-17. <https://doi.org/10.1007/s42489-019-00004-4>
- Eidelman, J. (1992). Qui fréquente les musées à Paris ? Une sociographie des publics des musées de France. *Publics et Musées*, 2(1), 19-47. <https://doi.org/10.3406/pumus.1992.1014>
- Elliott, H. (1926). The Educational Work of the Museum. *The Metropolitan Museum of Art Bulletin*, 21(9), 201. <https://doi.org/10.2307/3254907>
- Eloy, J. (2016). L'apport du socioculturel à la cohésion sociale au regard de la longue histoire des centres sociaux: *Informations sociales*, n° 190(4), 37-45. <https://doi.org/10.3917/inso.190.0037>
- El-Said, O., & Aziz, H. (2022). Virtual Tours a Means to an End : An Analysis of Virtual Tours' Role in Tourism Recovery Post COVID-19. *Journal of Travel Research*, 61(3), 528-548. <https://doi.org/10.1177/0047287521997567>
- El-Sayyad, N. A. E.-H. (2019). ROLE OF SENSORY MAPS IN CULTURAL PLANNING TO SHAPE THE FUTURE OF DETERIORATED HERITAGE SITES. *CONFERENCE PROCEEDINGS*.
- Esposito, N. (2008). *Game Atmosphere Archiving Thanks to Virtual Reality for the Preservation of the Video Game Cultural Heritage*.
- Esposito, N. (2005, janvier 1). *Immersion in Game Atmospheres for the Video Game Heritage Preservation*. Proceedings of DiGRA 2005 Conference: Changing Views: Worlds in Play. <https://doi.org/10.26503/dl.v2005i1.204>
- Étienne, J.-M. (2016). Lectures d'œuvres de divertissement au collège: *Informations sociales*, n° 190(4), 18-24. <https://doi.org/10.3917/inso.190.0018>
- Evangelista, C., Carrozzino, M., Neri, V., & Bergamasco, M. (2009). Interactive Storytelling for Children Education. *2009 Conference in Games and Virtual Worlds for Serious Applications*, 198-201. <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2009.22>
- Eve, M. P. (2022). *The digital humanities and literary studies* (1st edition). Oxford university press.
- Everaert-Desmedt, N. (2023). *Le processus sémiotique selon Ch.S. Peirce*.
- Eyries, A. (2013). Jean-Paul Fourmentraux, dir., L'Ère post-média. Humanités digitales et cultures numériques : Paris, Hermann, coll. Cultures numériques, 2012, 220 p. *Questions de communication*, 23, 488-490. <https://doi.org/10.4000/questionsdecommunication.8613>
- Fabre, I., & Régimbeau, G. (2013). Les musées et les bibliothèques : Espaces de documents et

- organisation des savoirs. *Culture & Musées*, 21(1), 153-171.
<https://doi.org/10.3406/pumus.2013.1736>
- Fast-Berglund, Å., Gong, L., & Li, D. (2018a). Testing and validating Extended Reality (xR) technologies in manufacturing. *Procedia Manufacturing*, 25, 31-38.
<https://doi.org/10.1016/j.promfg.2018.06.054>
- Feldon, D. F., & Kafai, Y. B. (2008). Mixed methods for mixed reality : Understanding users' avatar activities in virtual worlds. *Educational Technology Research and Development*, 56(5-6), 575-593. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9081-2>
- Felnhofer, A., Kothgassner, O. D., Schmidt, M., Heinzle, A.-K., Beutl, L., Hlavacs, H., & Kryspin-Exner, I. (2015). Is virtual reality emotionally arousing? Investigating five emotion inducing virtual park scenarios. *International Journal of Human-Computer Studies*, 82, 48-56.
<https://doi.org/10.1016/j.ijhcs.2015.05.004>
- Feng, K., & Xi, T. (2022). *The Information Visualization Design of Smart Museums Based on the Digital Twin Theory*. 13th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2022). <https://doi.org/10.54941/ahfe1001728>
- Fiorella, L., Vogel-Walcutt, J. J., & Schatz, S. (2012). Applying the modality principle to real-time feedback and the acquisition of higher-order cognitive skills. *Educational Technology Research and Development*, 60(2), 223-238. <https://doi.org/10.1007/s11423-011-9218-1>
- Fiorini, C. (2013). *Recherches participatives : État des lieux, méthodes et processus*.
- Fletcher, T., Chen, A., Norris, A., Pizarro, E., Tran, J., & Tripp, M. (2024). Guidelines for Sensory Havens in Autism and Sensory-Friendly Events. *TEACHING Exceptional Children*, 57(1), 34-42. <https://doi.org/10.1177/00400599231171715>
- Foll, L. L. (2019). *L'utilisation de la réalité virtuelle immersive dans la réhabilitation cognitive des patients souffrant de schizophrénie : Une revue de la littérature*.
- Font-Réaulx, D. de. (2016). Chapitre 3. Le Louvre, modèle singulier pour le musée universel ? In Le Louvre Abu Dhabi (p. 45-62). Presses Universitaires de France. <https://shs.cairn.info/le-louvre-abu-dhabi--9782130586708-page-45>
- Fondu, Q., & Vermerie, M. (2016). Les politiques culturelles : Évolution et enjeux actuels: *Informations sociales*, n° 190(4), 57-63. <https://doi.org/10.3917/inso.190.0057>
- Fontaine, S., Cobbaut, J.-P., Routier, C., Tremblay, M., Stiker, H.-J., & Mercier, M. (2016). Une approche interdisciplinaire: *La Revue Nouvelle*, N° 3(3), 33-40.
<https://doi.org/10.3917/rn.163.0033>
- Fontaine, S., Gernay, M.-M., Hupet, C., Bringiers, C., Taquin, L., & Mercier, M. (2016). Outils de citoyenneté ? : *La Revue Nouvelle*, N° 3(3), 41-47. <https://doi.org/10.3917/rn.163.0041>
- Fontana, Andrea. (2002). Postmodern trends in interviewing. In Jaber F. Gubrium and James A. Holstein (Eds.), *Handbook of interview research: Context and method* (pp. 161–180). Thousand Oaks, CA: Sage.

- Foucher, M., & Allard, P. (2013). *Atlas de l'influence française au XXI^e siècle* [Carte]. Laffont [u.a.].
- Fox, J., Arena, D., & Bailenson, J. N. (2009a). Virtual Reality : A Survival Guide for the Social Scientist. *Journal of Media Psychology*, 21(3), 95-113. <https://doi.org/10.1027/1864-1105.21.3.95>
- Fox, J., Bailenson, J., & Binney, J. (2009). Virtual Experiences, Physical Behaviors : The Effect of Presence on Imitation of an Eating Avatar. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 18(4), 294-303. <https://doi.org/10.1162/pres.18.4.294>
- Fox, J., & Bailenson, J. N. (2009). Virtual Self-Modeling : The Effects of Vicarious Reinforcement and Identification on Exercise Behaviors. *Media Psychology*, 12(1), 1-25. <https://doi.org/10.1080/15213260802669474>
- Fraisie, A., Hadi, W. M. E., & Favier, L. (2019). *A Sustainable and Open Access Knowledge Organization Model*.
- Française, A. (s. d.). Musée | dictionnaire de l'académie française | 9^e édition. Consulté 12 février 2025, à l'adresse <http://www.dictionnaire-academie.fr/article/A9M3244>
- Franssen, A. (2011). Sociologies de la précarité et précarités de la sociologie. *SociologieS*. <https://doi.org/10.4000/sociologies.3457>
- Fraysse, P. (2015). La médiation numérique du patrimoine : Quels savoirs au musée ? *Distances et médiations des savoirs*, 3(12). <https://doi.org/10.4000/dms.1219>
- Fressin, T. (2021). La recherche historique « augmentée » par les humanités numériques: *Inflexions*, N° 48(3), 155-163. <https://doi.org/10.3917/infle.048.0155>
- Fridenson, P. (2016). En France, au cœur de la révolution numérique internationale: *Revue d'histoire moderne & contemporaine*, n° 62-4 bis(5), 83-99. <https://doi.org/10.3917/rhmc.625.0083>
- Frischer, B. (2011). Art and Science in the Age of Digital Reproduction : From Mimetic Representation to Interactive Virtual Reality. *Virtual Archaeology Review*, 2(4), 19. <https://doi.org/10.4995/var.2011.4544>
- Furtado, A. L., Casanova, M. A., & Barbosa, S. D. J. (2014). A Semiotic Approach to Conceptual Modelling. In E. Yu, G. Dobbie, M. Jarke, & S. Purao (Éds.), *Conceptual Modeling* (Vol. 8824, p. 1-12). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12206-9_1
- Fyfe, G. (2016). *Museum & Society Special Issue : Sociology and Museums*.
- Galantucci, B., & Garrod, S. (2011). Experimental Semiotics : A Review. *Frontiers in Human Neuroscience*, 5. <https://doi.org/10.3389/fnhum.2011.00011>
- Galitzine-Loumpet, A. (2014). e-matériel : De la virtualisation du patrimoine au musée-signe : exemples du Cameroun et du Gabon. *Ethnologies*, 35(2), 77-100. <https://doi.org/10.7202/1026549ar>
- Ganascia, J.-G. (2017). Des humanités numériques à la Singularité technologique : Que reste- t- il de l'Humanisme ? *Archives de philosophie du droit*, Tome 59(1), 193-204. <https://doi.org/10.3917/apd.591.0230>
- Garzotto, F. (2014). Interactive storytelling for children : A survey. *International Journal of Arts and Technology*, 7(1), 5. <https://doi.org/10.1504/IJART.2014.058940>

- Garzotto, F., & Forfori, M. (2006). Hyperstories and social interaction in 2D and 3D edutainment spaces for children. *Proceedings of the Seventeenth Conference on Hypertext and Hypermedia*, 57-68. <https://doi.org/10.1145/1149941.1149955>
- Garzotto, F., Gelsomini, M., Clasadonte, F., Montesano, D., & Occhiuto, D. (2016). Wearable Immersive Storytelling for Disabled Children. *Proceedings of the International Working Conference on Advanced Visual Interfaces*, 196-203. <https://doi.org/10.1145/2909132.2909256>
- Garzotto, F., Gelsomini, M., Matarazzo, V., Messina, N., & Occhiuto, D. (2017). XOOM : An End-User Development Tool for Web-Based Wearable Immersive Virtual Tours. In J. Cabot, R. De Virgilio, & R. Torlone (Éds.), *Web Engineering* (Vol. 10360, p. 507-519). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-60131-1_36
- Garzotto, F., Gelsomini, M., Matarazzo, V., Messina, N., & Occhiuto, D. (2018). Designing Wearable Immersive “Social Stories” for Persons with Neurodevelopmental Disorder. In M. Antona & C. Stephanidis (Éds.), *Universal Access in Human-Computer Interaction. Methods, Technologies, and Users* (Vol. 10907, p. 517-529). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-92049-8_37
- Garzotto, F., Gelsomini, M., Occhiuto, D., Matarazzo, V., & Messina, N. (2017). Wearable Immersive Virtual Reality for Children with Disability : A Case Study. *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*, 478-483. <https://doi.org/10.1145/3078072.3084312>
- Garzotto, F., Paolini, P., & Sabiescu, A. (2010). Interactive storytelling for children. *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children*, 356-359. <https://doi.org/10.1145/1810543.1810613>
- Gaugne, R., Barreau, J.-B., Lécuyer, F., Nicolas, T., Normand, J.-M., & Gouranton, V. (2022). eXtended Reality for Cultural Heritage. In S. D’Amico & V. Venuti (Éds.), *Handbook of Cultural Heritage Analysis* (p. 1405-1437). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-60016-7_48
- Gazendam, H. W. M. (2001). Semiotics, Virtual Organisations, and Information Systems. In K. Liu, R. J. Clarke, P. B. Andersen, & R. K. Stamper (Éds.), *Information, Organisation and Technology* (p. 1-48). Springer US. https://doi.org/10.1007/978-1-4615-1655-2_1
- Geigel, J., Shitut, K. S., Decker, J., Doherty, A., & Jacobs, G. (2020). The Digital Docent : XR storytelling for a Living History Museum. *26th ACM Symposium on Virtual Reality Software and Technology*, 1-3. <https://doi.org/10.1145/3385956.3422090>
- Gélinas, D. (2014). *Le sensorium synthétique : Réflexion sur l’utilisation de l’expographie immersive numérique et muséale*.
- Gelsomini, M. (2016). An Affordable Virtual Reality Learning Framework for Children with Neuro-Developmental Disorder. *Proceedings of the 18th International ACM SIGACCESS Conference on Computers and Accessibility*, 343-344. <https://doi.org/10.1145/2982142.2982143>
- Gelsomini, M., Garzotto, F., Matarazzo, V., Messina, N., & Occhiuto, D. (2017). Creating Social Stories

- as Wearable Hyper-Immersive Virtual Reality Experiences for Children with Neurodevelopmental Disorders. *Proceedings of the 2017 Conference on Interaction Design and Children*, 431-437. <https://doi.org/10.1145/3078072.3084305>
- Gelsomini, M., Garzotto, F., Montesano, D., & Occhiuto, D. (2016). Wildcard : A wearable virtual reality storytelling tool for children with intellectual developmental disability. *2016 38th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society (EMBC)*, 5188-5191. <https://doi.org/10.1109/EMBC.2016.7591896>
- Genay, A., Lecuyer, A., & Hachet, M. (2022). Being an Avatar “for Real” : A Survey on Virtual Embodiment in Augmented Reality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 28(12), 5071-5090. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2021.3099290>
- Georgopoulos, A., Kontogianni, G., Koutsafitis, C., & Skamantzari, M. (2017a). Serious Games at the Service of Cultural Heritage and Tourism. In V. Katsoni, A. Upadhyaya, & A. Stratigea (Éds.), *Tourism, Culture and Heritage in a Smart Economy* (p. 3-17). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-47732-9_1
- Giannini, T., & Bowen, J. P. (2022). Museums and Digital Culture : From Reality to Digitality in the Age of COVID-19. *Heritage*, 5(1), 192-214. <https://doi.org/10.3390/heritage5010011>
- Gill, M. (2017a). Knowledge Organization within the Museum Domain : Introduction. *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 44(7), 469-471. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2017-7-469>
- Gillot, L., Del, A., & Bouet, O. (2020). Ruines et humanités numériques : Reconstitution de l’histoire d’une ville-oasis. Le cas de Figui (Maroc). *Histoire urbaine*, n° 58(2), 103-132. <https://doi.org/10.3917/rhu.058.0105>
- Giugliano, G., & Laudante, E. (2020a). Design as Collaborative Connection between User, Technology and Cultural Context. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 949, 012010. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/949/1/012010>
- Giuliano, F. (2019). Humanités numériques et archives : La longue émergence d’un nouveau paradigme. *Documentation et bibliothèques*, 65(2), 37-46. <https://doi.org/10.7202/1063788ar>
- Glaessgen, E., & Stargel, D. (2012, avril 23). The Digital Twin Paradigm for Future NASA and U.S. Air Force Vehicles. *53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference & 20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference & 14th AIAA*. 53rd AIAA/ASME/ASCE/AHS/ASC Structures, Structural Dynamics and Materials Conference
20th AIAA/ASME/AHS Adaptive Structures Conference
14th AIAA, Honolulu, Hawaii. <https://doi.org/10.2514/6.2012-1818>
- Glevarec, H. (2022). *Qu’est-ce qu’un dispositif ?* <https://hal.science/hal-03857045v1>
- Gnoli, C. (2020). Innovative ideas by some post-WWII francophone classificationists. *Les Cahiers Du Numérique*, 16(1), 231-237. <https://doi.org/10.3166/lcn.16.1.231-237>
- Golub, K., & Liu, Y.-H. (2021a). *Information and Knowledge Organisation in Digital Humanities : Global Perspectives* (1^{re} éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003131816>

- Gong, X., Zhang, X., & Tsang, M. C. (2020). Creativity development in preschoolers : The effects of children's museum visits and other education environment factors. *Studies in Educational Evaluation*, 67, 100932. <https://doi.org/10.1016/j.stueduc.2020.100932>
- Goodwin, G., & Lercari, N. (2023). Reconstructing Past Experience Using Virtual Reality. In J. Yoshimi, P. Walsh, & P. Londen (Éds.), *Horizons of Phenomenology* (Vol. 122, p. 325-336). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-26074-2_17
- Goujon, P. C. (2024). Humanités numériques et théologie: *Recherches de Science Religieuse*, Tome 112(2), 193-196. <https://doi.org/10.3917/rsr.242.0193>
- Grieves, M. W. (2012). Virtually Indistinguishable. In L. Rivest, A. Bouras, & B. Louhichi (Éds.), *Product Lifecycle Management. Towards Knowledge-Rich Enterprises* (Vol. 388, p. 226-242). Springer Berlin Heidelberg. https://doi.org/10.1007/978-3-642-35758-9_20
- Grognet, F. (2007). Musées manqués, objets perdus ? : L'Autre dans les musées ethnographiques français. *L'Homme*, 181, 173-187. <https://doi.org/10.4000/lhomme.21862>
- Gudwin, R., & Queiroz, J. (2007). *Semiotics and intelligent systems development*. Idea group publishing.
- Guichard, É. (2019, été). *Les humanités numériques n'existent pas*. ENS Lyon : Enssib, Triangle + IXXI. Consulté à l'adresse : <http://barthes.enssib.fr/articles/Guichard-Les-humanites-numeriques-n-existent-pas.pdf>
- Guiraud, C. (2022). Immersion par la narration dans une exposition de sciences. *La Lettre de l'OCIM*, 200, 26-31. <https://doi.org/10.4000/ocim.4762>
- Guthleben, D. (2023). L'ENIAC, des concepteurs et des programmeuses. Hors collection, 47-47. <https://stm.cairn.info/l-odysee-de-la-science--9782100856183-page-47>
- Haas, N. (1996). Project explore : How children are really learning in children's museums. *Visitor Studies*, 9(1), 63-69. <https://doi.org/10.1080/10645579609512689>
- Hajibayova, L., & Latham, K. F. (2017a). Exploring Museum Crowdsourcing Projects Through Bourdieu's Lens. *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 44(7), 506-514. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2017-7-506>
- Hakvoort, G. (2013). The immersive museum. *Proceedings of the 2013 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*, 463-468. <https://doi.org/10.1145/2512349.2514598>
- Hammady, R., & Ma, M. (2019a). Designing Spatial UI as a Solution of the Narrow FOV of Microsoft HoloLens : Prototype of Virtual Museum Guide. In M. C. Tom Dieck & T. Jung (Éds.), *Augmented Reality and Virtual Reality* (p. 217-231). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-06246-0_16
- Harrington, M. C. R., Jones, C., & Peters, C. (2022a). Virtual Nature as a Digital Twin Botanically Correct 3D AR and VR Optimized Low-polygon and Photogrammetry High-polygon Plant Models : A short overview of construction methods. *SIGGRAPH '22 Educator's Forum: Special Interest Group on Computer Graphics and Interactive Techniques Conference Educator's Forum*, 1-2. <https://doi.org/10.1145/3532724.3535599>

- Haselberger, L., & Humphrey, J. H. (avec Williams symposium on classical architecture). (2006). *Imaging ancient Rome : Documentation, visualization, imagination proceedings of the Third Williams Symposium on Classical Architecture, held at the American Academy in Rome, the British School at Rome, and the Deutsches Archäologisches Institut, Rome, on May 20-23, 2004.* Journal of Roman Archaeology.
- Hawkey, R. (2004). *REPORT 9 : FUTURELAB SERIES.*
- Hayes, A., Daugherty, L. A., & Meng, N. (2021). Approaches to Integrate Virtual Reality into K-16 Lesson Plans : An Introduction for Teachers. *TechTrends*, 65(3), 394-401. <https://doi.org/10.1007/s11528-020-00572-7>
- Hayles, N. K. (2016). Les humanités numériques : Une problématisation en cours. In N. K. Hayles, Lire et penser en milieux numériques : Attention, récits, technogenèse (p. 69-117). UGA Éditions. <https://books.openedition.org/ugaeditions/386>
- Haynes, D. (2023a). Ethics of information and the metaverse. *Communication, Technologies et Développement*, 14. <https://doi.org/10.4000/ctd.9497>
- Hedstrom, M., & King, J. L. (2014). *On the LAM: Library, Archive, and Museum Collections in the Creation and Maintenance of Knowledge Communities.*
- Herman, G. V., Tătar, C. F., Staşac, M. S., & Cosman, V. L. (2023). Exploring the Relationship between Tourist Perception and Motivation at a Museum Attraction. *Sustainability*, 16(1), 370. <https://doi.org/10.3390/su16010370>
- Herrin, M. J. (2004). *Using Social Stories to Teach Social and Behavioral Skills to Preschool Children with Autism.*
- Hew, K. F., & Cheung, W. S. (2010). Use of three-dimensional (3-D) immersive virtual worlds in K-12 and higher education settings : A review of the research. *British Journal of Educational Technology*, 41(1), 33-55. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2008.00900.x>
- History of the ashmolean. (s. d.). Consulté 16 février 2025, à l'adresse <https://www.ashmolean.org/history-ashmolean>
- Hjørland, B. (2008a). What is Knowledge Organization (KO)? *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 35(2-3), 86-101. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2008-2-3-86>
- Hjørland, B. (2013a). Theories of Knowledge Organization—Theories of Knowledge. *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 40(3), 169-181. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2013-3-169>
- Hjørland, B. (2016a). Knowledge Organization (KO). *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 43(6), 475-484. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2016-6-475>
- Hladik, L., & Ausderau, K. (2022). Stakeholder Collaboration to Develop an Evaluation Tool to Assess the Accessibility of Cultural Institutions for Families With Children With Autism. *The American Journal of Occupational Therapy*, 76(Supplement_1), 7610510012p1-7610510012p1. <https://doi.org/10.5014/ajot.2022.76S1-RP12>
- Ho, C. M. L., Nelson, M. E., & Müller-Wittig, W. (2011). Design and implementation of a student-

- generated virtual museum in a language curriculum to enhance collaborative multimodal meaning-making. *Computers & Education*, 57(1), 1083-1097. <https://doi.org/10.1016/j.compedu.2010.12.003>
- Hook, J., Verbaan, S., Durrant, A., Olivier, P., & Wright, P. (2014). A study of the challenges related to DIY assistive technology in the context of children with disabilities. *Proceedings of the 2014 Conference on Designing Interactive Systems*, 597-606. <https://doi.org/10.1145/2598510.2598530>
- Hooper-Greenhill, E., Dodd, J., Moussouri, T., Jones, C., Pickford, C., Herman, C., Morrison, M., Vincent, J., & Toon, R. (2003). *The Learning Impact Research Project End of Project Paper*.
- Hoxha, B. (s. d.). *Sui limiti della semiotica. La soggettività opposta all'oggettività*.
- Hoxha, B. (2016). Semiotics of precision and imprecision. *Semiotica*, 2016(213), 539-555. <https://doi.org/10.1515/sem-2015-0077>
- Hoxha, B. (2018). Multilingualism and sameness versus otherness in a semiotic context. *Semiotica*, 2018(225), 507-520. <https://doi.org/10.1515/sem-2017-0008>
- HOXHA, B. (2023). *Performing Arts in the Process of Semiosis*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.10442919>
- Hoxha, B. (2023). The Narration Process in Eco's Understanding Fiction and Reality. *Journal of Narrative and Language Studies*, 23. <https://doi.org/10.59045/nalans.2023.38>
- Hoxha, B. (2025). Umberto Eco's Writing Labyrinth : From the Code's Theory to the Interpretation Process. *Umberto Eco*, 8(1).
- Hoxha, Prof. B. (2024). Reaching a Semiotic Reality through Signs' Moveability. *Universal Library of Arts and Humanities*, 01(03), 29-34. <https://doi.org/10.70315/uloap.ulahu.2024.0103005>
- Huang, H.-Y., & Liem, C. C. S. (2022). Social Inclusion in Curated Contexts : Insights from Museum Practices. *2022 ACM Conference on Fairness Accountability and Transparency*, 300-309. <https://doi.org/10.1145/3531146.3533095>
- Huang, H.-M., Rauch, U., & Liaw, S.-S. (2010). Investigating learners' attitudes toward virtual reality learning environments: Based on a constructivist approach. *Computers & Education*, 55(3), 1171-1182.
- Huneman, P. (2024). Que font les humanités numériques aux sciences dites humaines ? : *Recherches de Science Religieuse*, Tome 112(2), 201-229. <https://doi.org/10.3917/rsr.242.0201>
- Hürst, Wolfgang, Bibi de Boer, Wouter Florijn, & Xhi Jia Tan. 2016. "Creating new museum experiences for virtual reality." In: 2016 IEEE International Conference on Multimedia & Expo Workshops (ICMEW). IEEE, pp. 1-6.
- Hutchinson, R., & Eardley, A. F. (2021). Inclusive museum audio guides : 'Guided looking' through audio description enhances memorability of artworks for sighted audiences. *Museum Management and Curatorship*, 36(4), 427-446. <https://doi.org/10.1080/09647775.2021.1891563>

- Hutson, J. (2024). *Art and Culture in the Multiverse of Metaverses : Immersion, Presence, and Interactivity in the Digital Age*. Springer Nature Switzerland. <https://doi.org/10.1007/978-3-031-66320-8>
- Hutson, J., & Hutson, P. (2023a). Perspective Chapter : Museums and the Metaverse – Emerging Technologies to Promote Inclusivity and Engagement. In L. Župčán (Éd.), *Application of Modern Trends in Museums*. IntechOpen. <https://doi.org/10.5772/intechopen.110044>
- Hutson, J., & Hutson, P. (2024). Resonant Perceptions : Exploring Autistic Aesthetics through Embodied Cognition. *Ought: The Journal of Autistic Culture*, 5(2). <https://doi.org/10.9707/2833-1508.1162>
- Hutson, J., & Lang, M. (2023). Content creation or interpolation : AI generative digital art in the classroom. *Metaverse*, 4(1), 13. <https://doi.org/10.54517/m.v4i1.2158>
- Hutson, J., & Olsen, T. (2021). Digital humanities and virtual reality : A review of theories and best practices for art history. International Conference on Humanities, Social and Education Sciences. <https://digitalcommons.lindenwood.edu/faculty-research-papers/2>
- Hutson, J., & Olsen, T. (2022). Virtual Reality and Learning : A Case Study of Experiential Pedagogy in Art History. *Journal of Intelligent Learning Systems and Applications*, 14(04), 57-70. <https://doi.org/10.4236/jilsa.2022.144005>
- Hutson, J., & Ratican, J. (2023). Life, death, and AI : Exploring digital necromancy in popular culture—Ethical considerations, technological limitations, and the pet cemetery conundrum. *Metaverse*, 4(1), 12. <https://doi.org/10.54517/m.v4i1.2166>
- Hutson, P., & Hutson, J. (s. d.). *Expanding Sensory Kit Utilization Across Age and Contexts : Bridging Gaps for Inclusive Accessibility*. 14.
- Hutson, P., & Hutson, J. (2022a). Neurodivergence and Inclusivity in Cultural Institutions : A Review of Theories and Best Practices. *Creative Education*, 13(09), 3069-3080. <https://doi.org/10.4236/ce.2022.139193>
- Illanes, I. (s. d.). *Marie-Sylvie POLI (2002). Le texte au musée : Une approche sémiotique. Coll. Sémantiques. Éd. L'Harmattan*.
- Inclusive Digital Interactives Best Practices + Research. (s. d.-a). *Best Practices*.
- Intelligence artificielle : Les deepfakes dans l'industrie du divertissement*. (s. d.).
- Introduction aux humanités numériques—Et à leurs infrastructures de recherche—Cycle de formation en humanités numériques 2025*. (s. d.).
- Ioannides, M., Martins, J., Žarnić, R., & Lim, V. (Éds.). (2018a). *Advances in Digital Cultural Heritage* (Vol. 10754). Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-75789-6>
- Ioannidis, C., Tallis, I., Pastos, I., Boutsis, A.-M., Verykokou, S., Soile, S., Tokmakidis, P., & Tokmakidis, K. (2021). A WEB-BASED PLATFORM FOR MANAGEMENT AND VISUALIZATION OF GEOMETRIC DOCUMENTATION PRODUCTS OF CULTURAL HERITAGE SITES. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial*

- Information Sciences*, V-2-2021, 113-120. <https://doi.org/10.5194/isprs-annals-V-2-2021-113-2021>
- Jacob, C., Rainville, C., Trognon, A., & Rivasseau-Jonneaux, T. (2018). Navigation spatiale : Quels enjeux pour la neuropsychologie ? : *Revue de neuropsychologie*, Volume 10(2), 150-158. <https://doi.org/10.1684/nrp.2018.0460>
- Jacquot, K. (2024). Les images de la « Forêt » de Notre-Dame de Paris. *Études de communication*, 63, 113-132. <https://doi.org/10.4000/12uyg>
- Jaenecke, P. (1994). *To what End Knowledge Organization ?*
- Javaid, M., Haleem, A., Pratap Singh, R., & Suman, R. (2021). Industrial perspectives of 3D scanning : Features, roles and it's analytical applications. *Sensors International*, 2, 100114. <https://doi.org/10.1016/j.sintl.2021.100114>
- Jonchery, A. (s. d.). *CNRS Direction générale des Patrimoines Ministère de la Culture et de la Communication*.
- Juanals, B. (s. d.). *Stratégies de communication et dispositifs de médiation à l'ère numérique : Vers des « musées ouverts » ?*
- Julien-Saavedra, Q., & Citton, Y. (2015). Manifeste pour des humanités numériques 2.0. *Multitudes*, 59(2), 181-195. <https://doi.org/10.3917/mult.059.0181>
- Jung, J., & Gillet, G. (2020). L'immersion et l'activité perceptivo-hallucinatoire dans les groupes thérapeutiques à médiation jeu vidéo: *Revue de psychothérapie psychanalytique de groupe*, n° 75(2), 91-103. <https://doi.org/10.3917/rppg.075.0091>
- Kamruzzaman, M. M., Alanazi, S., Alruwaili, M., Alshammari, N., Elaiwat, S., Abu-Zanona, M., Innab, N., Mohammad Elzaghmouri, B., & Ahmed Alanazi, B. (2023). AI- and IoT-Assisted Sustainable Education Systems during Pandemics, such as COVID-19, for Smart Cities. *Sustainability*, 15(10), 8354. <https://doi.org/10.3390/su15108354>
- Kaplan, A. (2022). *Artificial Intelligence, Business and Civilization : Our Fate Made in Machines* (1^{re} éd.). Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003244554>
- Karuzaki, E., Partarakis, N., Patsiouras, N., Zidianakis, E., Katzourakis, A., Pattakos, A., Kaplanidi, D., Baka, E., Cadi, N., Magnenat-Thalmann, N., Ringas, C., Tasiopoulou, E., & Zabulis, X. (2021a). Realistic Virtual Humans for Cultural Heritage Applications. *Heritage*, 4(4), 4148-4171. <https://doi.org/10.3390/heritage4040228>
- Katifori, A., Karvounis, M., Kourtis, V., Kyriakidi, M., Roussou, M., Tsangaris, M., Vayanou, M., Ioannidis, Y., Balet, O., Prados, T., Keil, J., Engelke, T., & Pujol, L. (2014). CHESSE : Personalized Storytelling Experiences in Museums. In A. Mitchell, C. Fernández-Vara, & D. Thue (Éds.), *Interactive Storytelling* (Vol. 8832, p. 232-235). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-12337-0_28
- Katifori, A., Roussou, M., Perry, S., Cignoni, P., & Malomo, L. (2018). *The EMOTIVE Project—Emotive virtual cultural experiences through personalized storytelling*.

- Kauhanen, O., Väättäjä, H., Turunen, M., Keskinen, T., Sirkkunen, E., Uskali, T., Lindqvist, V., Kelling, C., & Karhu, J. (2017). Assisting immersive virtual reality development with user experience design approach. *Proceedings of the 21st International Academic Mindtrek Conference*, 127-136. <https://doi.org/10.1145/3131085.3131126>
- Keane, W. (2018). On Semiotic Ideology. *Signs and Society*, 6(1), 64-87. <https://doi.org/10.1086/695387>
- Keane, W. (2024). Sur l'idéologie sémiotique. *Cygne noir*, 12, 77. <https://doi.org/10.7202/1112622ar>
- Kelly, C., & Orsini, M. (2021). Beyond Measure? Disability Art, Affect and Reimagining Visitor Experience. *Studies in Social Justice*, 15(2), 288-306. <https://doi.org/10.26522/ssj.v15i2.2432>
- Khan, M., & De Byl, P. (2011). Preserving our Past with Toys of the Future. *ASCILITE Publications*, 718-728. <https://doi.org/10.14742/apubs.2011.1742>
- Khan, M., & De Byl, P. (2013). Technology Intervention for the Preservation of Intangible Cultural Heritage (ICH): *International Journal of Knowledge Society Research*, 4(2), 1-8. <https://doi.org/10.4018/jksr.2013040101>
- Khan, M. N., Rahman, H. U., Faisal, M., Khan, F., & Ahmad, S. (2021). An IoT-Enabled Information System for Smart Navigation in Museums. *Sensors*, 22(1), 312. <https://doi.org/10.3390/s22010312>
- King, A. (s. d.). Dynastie des Lagides. *Encyclopédie de l'Histoire du Monde*. Consulté 16 février 2025, à l'adresse <https://www.worldhistory.org/trans/fr/1-15258/dynastie-des-lagides/>
- King, E., Smith, M. P., Wilson, P. F., & Williams, M. A. (2021). Digital Responses of UK Museum Exhibitions to the COVID-19 Crisis, March – June 2020. *Curator: The Museum Journal*, 64(3), 487-504. <https://doi.org/10.1111/cura.12413>
- King, L., Stark, J. F., & Cooke, P. (2016a). Experiencing the Digital World : The Cultural Value of Digital Engagement with Heritage. *Heritage & Society*, 9(1), 76-101. <https://doi.org/10.1080/2159032X.2016.1246156>
- Kirchberg, V., & Tröndle, M. (2015). The Museum Experience : Mapping the Experience of Fine Art. *Curator: The Museum Journal*, 58(2), 169-193. <https://doi.org/10.1111/cura.12106>
- Klinger, E. (2014). Les apports de la réalité virtuelle à la prise en charge des déficiences cognitives: *Annales des Mines - Réalités industrielles*, Novembre 2014(4), 57-62. <https://doi.org/10.3917/rindu.144.0057>
- Klinkenberg, J.-M. (2010). La sémiotique visuelle : Grands paradigmes et tendances lourdes. *Signata*, 1, 91-109. <https://doi.org/10.4000/signata.287>
- Klonk, C. (2009). *Spaces of experience : Art gallery interiors from 1800–2000*. New Haven : Yale University Press.
- Kontogianni, G., & Georgopoulos, A. (2015a). A realistic Gamification attempt for the Ancient Agora of Athens. *2015 Digital Heritage*, 377-380. <https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2015.7413907>

- Kontogianni, G., & Georgopoulos, A. (2015c). Exploiting Textured 3D Models for Developing Serious Games. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XL-5/W7, 249-255. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-XL-5-W7-249-2015>
- Kontogianni, G., Koutsafitis, C., Skamantzari, M., Chrysanthopoulou, C., & Georgopoulos, A. (2017a). Utilising 3D Realistic Models in Serious Games for Cultural Heritage: *International Journal of Computational Methods in Heritage Science*, 1(2), 21-46. <https://doi.org/10.4018/IJCMHS.2017070102>
- Koren, R. (2023a). L'information au prisme d'un questionnement éthique : Rhétorique argumentative et savoir axiologique. *Communication, technologies et développement*, 14. <https://doi.org/10.4000/ctd.9652>
- Kosmas, P., Galanakis, G., Constantinou, V., Drossis, G., Christofi, M., Klironomos, I., Zaphiris, P., Antona, M., & Stephanidis, C. (2020). Enhancing accessibility in cultural heritage environments : Considerations for social computing. *Universal Access in the Information Society*, 19(2), 471-482. <https://doi.org/10.1007/s10209-019-00651-4>
- Kotowski, R., Zybert, E. B., & Mijas, H. (Éds.). (2020). *Museotherapy : How does it work?: museum as a place of therapy*. The National Museum in Kielce.
- Kott, S. (2018). La justice sociale dans un monde global. L'Organisation internationale du travail (1919-2019): *Le Mouvement Social*, n° 263(2), 3-14. <https://doi.org/10.3917/lms.263.0003>
- Kurillo, G., Bajcsy, R., Nahrsted, K., & Kreylos, O. (2008). Immersive 3D Environment for Remote Collaboration and Training of Physical Activities. *2008 IEEE Virtual Reality Conference*, 269-270. <https://doi.org/10.1109/VR.2008.4480795>
- Kurillo, G., Vasudevan, R., Lobaton, E., & Bajcsy, R. (2008a). A Framework for Collaborative Real-Time 3D Teleimmersion in a Geographically Distributed Environment. *2008 Tenth IEEE International Symposium on Multimedia*, 111-118. <https://doi.org/10.1109/ISM.2008.32>
- La Russa, F. M., & Santagati, C. (2020). Historical sentient – building information model : a digital twin for the management of museum collections in historical architectures. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLIII-B4-2020, 755-762. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLIII-B4-2020-755-2020>
- Labour, M., Scoyez Van Poppel, S., & Toursel, A. (2023a). Penser la justice informationnelle et l'éthique-vécue comme « médiation ». *Communication, technologies et développement*, 14. <https://doi.org/10.4000/ctd.9919>
- Lallart, É., & Jouvent, R. (2008). La réalité virtuelle dans la schizophrénie : Un danger ou un outil thérapeutique ? : *L'information psychiatrique*, Volume 84(4), 311-316. <https://doi.org/10.1684/ipe.2008.0319>
- Lambert, V., & Rasse, P. (2021). Des cabinets de curiosités aux muséums, des classiques aux modernes. *Hermès, La Revue*, 87(1), 36-43. <https://shs.cairn.info/revue-hermes-la-revue-2021-1-page-36>

- Langeard, C. (2016). Les projets artistiques et culturels de territoire. Sens et enjeux d'un nouvel instrument d'action publique: *Informations sociales*, n° 190(4), 64-72. <https://doi.org/10.3917/inso.190.0064>
- Lannan, A. (2019). A Virtual Assistant on Campus for Blind and Low Vision Students. *The Journal of Special Education Apprenticeship*, 8(2). <https://doi.org/10.58729/2167-3454.1088>
- Lapeyronnie, D. (2011). *L'économie morale de la discrimination. La morale des inégalités dans les banlieues populaires françaises.*
- Latham, K. F. (2012). Museum object as document: Using Buckland's information concepts to understand museum experiences. *Journal of Documentation*, 68(1), 45-71. <https://doi.org/10.1108/00220411211200329>
- Laura Nappi, M., Capece, S., Chivăran, C., Laudante, E., & Buono, M. (2023). *Neuro Digital Experiences for Adaptive Museums*. 14th International Conference on Applied Human Factors and Ergonomics (AHFE 2023). <https://doi.org/10.54941/ahfe1003652>
- Laurier, D. (2007). Remarques sur la sémiotique. *Philosophiques*, 11(1), 91-109. <https://doi.org/10.7202/203242ar>
- Le Deuff, O. (2018). Le chercheur en humanités digitales : Un cas particulier de travailleur du savoir ? : *Communication & management*, Vol. 14(1), 55-69. <https://doi.org/10.3917/comma.141.0055>
- Leclerc, J.-F. (2022). L'impact socio-culturel de l'expérience muséale. *La Lettre de l'OCIM*, 200, 32-37. <https://doi.org/10.4000/ocim.4753>
- Legrand, N., Guénolé, F., Eustache, F., & Rauchs, G. (2016). Rêves et mémoire : Revue de la littérature en neuropsychologie et neurosciences cognitives: *Revue de neuropsychologie*, Volume 7(4), 279-290. <https://doi.org/10.1684/nrp.2015.0362>
- Leone, M. (s. d.-a). *Torino printanière – Méditations pour une sémiotique culturelle des images.*
- Lepouras, George & Costas Vassilakis. 2004. "Virtual museums for all: employing game technology for edutainment." *Virtual Reality* 8(2):96– 106.
- Lesaffre, G. (2012). Émilie Flon, Les mises en scène du patrimoine. Savoir, fiction et médiation : Cachan, Hermès science/Lavoisier, coll. Communication, médiation et construits sociaux, 2012, 223 p. *Questions de communication*, 22, 351-353. <https://doi.org/10.4000/questionsdecommunication.7013>
- Lescop, L., Diessenbacher, C., Walter, M., Cassen, S., & Grimaud, V. (2017). *Naexus : Dispositif immersif nomade.*
- Lescop, L., Geneste, J.-M., Marquet, M., Yvin, V., Gérard, P., & Magontier, P. (2020). Les enjeux de la narration dans l'immersion 3D archéologique. *In Situ*, 42. <https://doi.org/10.4000/insitu.27623>
- Li, J., Wider, W., Ochiai, Y., & Fauzi, M. A. (2023). A bibliometric analysis of immersive technology in museum exhibitions : Exploring user experience. *Frontiers in Virtual Reality*, 4, 1240562. <https://doi.org/10.3389/frvir.2023.1240562>

- Li, X., Liu, D., & Zhang, X. (2019). A system integrated with c# programming and real-time 3d observation for learning virtual reality technology. *Open Journal of Social Sciences*, 07(03), 127-135. <https://doi.org/10.4236/jss.2019.73009>
- Liszka, J. J. (Éd.). (2010). *A general introduction to the semeiotic of Charles Sanders Peirce*. Indiana University Press.
- Litvak, E., & Kuflik, T. (2020). Enhancing cultural heritage outdoor experience with augmented-reality smart glasses. *Personal and Ubiquitous Computing*, 24(6), 873-886. <https://doi.org/10.1007/s00779-020-01366-7>
- Liu, A. (2012.). *The State of the Digital Humanities : A Report and a Critique*. scispace.com/pdf/the-state-of-the-digital-humanities-a-report-and-a-critique-13zu8fq8z.pdf
- Liu, K. (2003). *Semiotics in Information Systems Engineering*. Cambridge University Press.
- Liu, Q., & Sutunarak, C. (2024a). The Impact of Immersive Technology in Museums on Visitors' Behavioral Intention. *Sustainability*, 16(22), 9714. <https://doi.org/10.3390/su16229714>
- Lombardo, V., & Damiano, R. (2012a). Semantic annotation of narrative media objects. *Multimedia Tools and Applications*, 59(2), 407-439. <https://doi.org/10.1007/s11042-011-0813-2>
- Lombardo, V., & Damiano, R. (2012b). Storytelling on mobile devices for cultural heritage. *New Review of Hypermedia and Multimedia*, 18(1-2), 11-35. <https://doi.org/10.1080/13614568.2012.617846>
- Longhi, J. (Éd.). (2017). *Humanités numériques, corpus et sens*. PUN-Editions universitaires de Lorraine.
- Loscos, C., Tecchia, F., Frisoli, A., Carrozzino, M., Widenfeld, H. R., Swapp, D., & Bergamasco, M. (2004). *The Museum of Pure Form : Touching real statues in an immersive virtual museum*.
- Lucchi, E. (2023). Digital twins for the automation of the heritage construction sector. *Automation in Construction*, 156, 105073. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2023.105073>
- Luckerhoff, J. (2007). Vers une compréhension des déterminants de la fréquentation des musées d'art : Portrait actuel des visiteurs de musées d'art. *Communication*, Vol. 25/2, 229-238. <https://doi.org/10.4000/communication.742>
- Lupo, E. (2021a). Design e innovazione del Patrimonio culturale. Connessioni phygital per un Patrimonio di prossimità | Design and innovation for the Cultural Heritage. Phygital connections for a Heritage of proximity. *Agathòn 10*, 186-199. <https://doi.org/10.19229/2464-9309/10172021>
- Lyytinen, K. (1987). Different perspectives on information systems : Problems and solutions. *ACM Computing Surveys*, 19(1), 5-46. <https://doi.org/10.1145/28865.28867>
- Macé, L. (2017). *Conclusions. Du reflet spéculaire à l'œuvre visuelle : le sceau et l'historien*. https://www.academia.edu/46933618/Conclusions_Du_reflet_sp%C3%A9culaire_%C3%A0_l_%C5%93uvre_visuelle_le_sceau_et_l_historien
- MacGregor, N. (2023). Les musées, reflets du monde. *Hommes & migrations*, 1340, 59-63.

- <https://doi.org/10.4000/hommesmigrations.14906>
- Magis, C., & Granjon, F. (2015). Vers une « nouvelle anthropologie » critique ? : Jalons pour une épistémologie matérialiste des humanités numériques. *Journal des anthropologues*, 142-143, 281-303. <https://doi.org/10.4000/jda.6313>
- Mai, J.-E. (2013a). Ethics, Values and Morality in Contemporary Library Classifications. *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 40(4), 242-253. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2013-4-242>
- Maiezza, P. (2019). AS-BUILT RELIABILITY IN ARCHITECTURAL HBIM MODELING. *The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, XLII-2/W9, 461-466. <https://doi.org/10.5194/isprs-archives-XLII-2-W9-461-2019>
- Malacria, S. (2023). *Why interaction methods should be exposed and recognizable*.
- Marchandeu Berreby, B. (2020). Roselyne KOREN (2019), Rhétorique et éthique. Du jugement de valeur : Paris, Classique Garnier, Coll. « L'Univers rhétorique, no 6 ». *Communication*, vol. 37/2. <https://doi.org/10.4000/communication.12357>
- Marchandeu Berreby, B. (2020). Roselyne KOREN (2019), Rhétorique et éthique. Du jugement de valeur : Paris, Classique Garnier, Coll. « L'Univers rhétorique, no 6 ». *Communication*, vol. 37/2. <https://doi.org/10.4000/communication.12357>
- Marín-Morales, J., Higuera-Trujillo, J. L., Greco, A., Guixeres, J., Llinares, C., Gentili, C., Scilingo, E. P., Alcañiz, M., & Valenza, G. (2019). Real vs. immersive-virtual emotional experience : Analysis of psycho-physiological patterns in a free exploration of an art museum. *PLOS ONE*, 14(10), e0223881. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0223881>
- Marrone, G. (2014). L'âge d'or de la sémiotique littéraire, et quelques conséquences théoriques. *Signata*, 5, 53-75. <https://doi.org/10.4000/signata.459>
- Martuccelli, D. (2011). *Injustices, inégalités et frustrations à l'ère du néolibéralisme. L'expérience chilienne*.
- Mathieu, L. (2015). Sociologie des engagements ou sociologie engagée ? : Sur quelques problèmes axiologiques qui se posent à la sociologie des mobilisations. *SociologieS*. <https://doi.org/10.4000/sociologies.5150>
- McColl, M. M. (2020). *Accessing other worlds: Engaging art* (Doctoral dissertation, University of Glasgow). University of Glasgow. <http://theses.gla.ac.uk/81787/>
- Meeùs, N. (2009). *L'Autonomie de la sémiotique*.
- Menaguale, O. (2023a). Digital Twin and Cultural Heritage – The Future of Society Built on History and Art. In N. Crespi, A. T. Drobot, & R. Minerva (Éds.), *The Digital Twin* (p. 1081-1111). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-031-21343-4_34
- Mendoza, M. A. D., De La Hoz Franco, E., & Gómez, J. E. G. (2023). Technologies for the Preservation of Cultural Heritage—A Systematic Review of the Literature. *Sustainability*, 15(2), 1059. <https://doi.org/10.3390/su15021059>

- Meyriat, J. (1981). Document, documentation, documentologie. *Schéma et Schématisation*. Repris dans : Couzinnet, V. (dir.) (2001), *Jean Meyriat théoricien et praticien de l'information-documentation* (pp. 143–160). Paris : ADBS Éditions.
- Meyriat, J. (2006). Pour une compréhension plurisystémique du document (par intention). *Sciences de la société*, 68, 11–28.
- Meyriat, J., Marteleto, R. M., Gonçalves da Nobrega, N., & Guyot, B. (2006, mai). Dimensions sociales du document. *Sciences de la société*, 68.
- Messina, N., Matarazzo, V., Occhiuto, D., Gelsomini, M., & Garzotto, F. (2018). Museum for All : Wearable Immersive Virtual Tours in Museums for People with Neurodevelopmental Disorders. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 364, 012047. <https://doi.org/10.1088/1757-899X/364/1/012047>
- Messinger, P. R., Stroulia, E., & Lyons, K. (1970). A Typology of Virtual Worlds : Historical Overview and Future Directions. *Journal For Virtual Worlds Research*, 1(1). <https://doi.org/10.4101/jvwr.v1i1.291>
- Meunier, J.-G. (2017). Humanités numériques et modélisation scientifique. *Questions de communication*, 31, 19-48. <https://doi.org/10.4000/questionsdecommunication.11040>
- Meunier, J.-G. (2019). Le paradoxe des humanités numériques. *Quaderni*, 98, 19-31. <https://doi.org/10.4000/quaderni.1407>
- Michaud, T. (2017). De la science-fiction à l'innovation technoscientifique : Le cas des casques de réalité virtuelle: *Innovations*, n° 52(1), 43-61. <https://doi.org/10.3917/inno.052.0043>
- Mielczarek, P. E. (2011). *Oeuvre d'art, Objet sémiotique Approche méthodologique*.
- Miller, H. L., & Bugnariu, N. L. (2016). Level of Immersion in Virtual Environments Impacts the Ability to Assess and Teach Social Skills in Autism Spectrum Disorder. *Cyberpsychology, Behavior, and Social Networking*, 19(4), 246-256. <https://doi.org/10.1089/cyber.2014.0682>
- Milner, M. (s. d.). *Defining Digital Humanities*.
- Mincke, C. (2016). Après septante ans, l'avenir continue ? : *La Revue Nouvelle*, N° 3(3), 2-3. <https://doi.org/10.3917/rn.163.0002>
- Molinier, M. (2021). La voie de l'inclusion par la médiation au musée des beaux-arts : Des publics fragilisés au public universel. *Culture & musées*, 37, 214-217. <https://doi.org/10.4000/culturemusees.5953>
- Montusiewicz, J., Barszcz, M., & Korga, S. (2022). Preparation of 3D Models of Cultural Heritage Objects to Be Recognised by Touch by the Blind—Case Studies. *Applied Sciences*, 12(23), 11910. <https://doi.org/10.3390/app122311910>
- Morandi, F. (2017). À l'école des humanités numériques. *Hermès*, n° 78(2), 96. <https://doi.org/10.3917/herm.078.0096>
- Morel, P.-M. (2012). Aristote : Philosophe du divers. In *Philosophie* (pp. 18–21). Éditions Sciences Humaines. <https://doi.org/10.3917/sh.colle.2012.01.0018>

- Morse, N. (2021). *The museum as a space of social care*. Routledge, Taylor & Francis Group.
<https://doi.org/10.4324/9781315461403>
- Morse, T. (2024). Digital necromancy: Users' perceptions of digital afterlife and posthumous communication technologies. *Information, Communication & Society*, 27(2), 240-256.
<https://doi.org/10.1080/1369118X.2023.2205467>
- Mortara, M., Catalano, C. E., Bellotti, F., Fiucci, G., Houry-Panchetti, M., & Petridis, P. (2014a). Learning cultural heritage by serious games. *Journal of Cultural Heritage*, 15(3), 318-325.
<https://doi.org/10.1016/j.culher.2013.04.004>
- Moulin, R., & Caillet, E. (1994). Sociologie de l'art et musée : Un entretien avec Raymonde Moulin. *Publics et Musées*, 5(1), 100-105. <https://doi.org/10.3406/pumus.1994.1271>
- Mounier, P. (2010). Manifeste des Digital Humanities : ThatCamp. *Journal des anthropologues*, 122-123, 447-452. <https://doi.org/10.4000/jda.3652>
- Mounier, P. (2017). Les Humanités numériques, gadget ou progrès ? : Enquête sur une guerre souterraine au sein de la recherche. *Revue du Crieur*, N° 7(2), 144-159.
<https://doi.org/10.3917/crieu.007.0144>
- Moyano, J., Carreño, E., Nieto-Julián, J. E., Gil-Arizón, I., & Bruno, S. (2022). Systematic approach to generate Historical Building Information Modelling (HBIM) in architectural restoration project. *Automation in Construction*, 143, 104551. <https://doi.org/10.1016/j.autcon.2022.104551>
- Mujtaba, T., Lawrence, M., Oliver, M., & Reiss, M. J. (2018). Learning and engagement through natural history museums. *Studies in Science Education*, 54(1), 41-67.
<https://doi.org/10.1080/03057267.2018.1442820>
- Muller, C. (2016a). Professionnels de l'information et humanités numériques : Compétences, formation, métier: *I2D - Information, données & documents*, Volume 53(2), 4-6.
<https://doi.org/10.3917/i2d.162.0004>
- Muñoz, A., & Martí, A. (2020). New Storytelling for Archaeological Museums Based on Augmented Reality Glasses. In S. Hageneuer (Éd.), *Communicating the Past in the Digital Age : Proceedings of the International Conference on Digital Methods in Teaching and Learning in Archaeology (12th-13th October 2018)* (p. 85-100). Ubiquity Press.
<https://doi.org/10.5334/bch.g>
- Museum Object Lessons for the Digital Age*. (2018a). UCL Press.
<https://doi.org/10.14324/111.9781787352810>
- Musical Digital Assets for the Diffusion of Immaterial Cultural Heritage | EERA*. (s. d.).
- Murphy, M., McGovern, E., & Pavia, S. (2013). Historic Building Information Modelling – Adding intelligence to laser and image based surveys of European classical architecture. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 76, 89-102.
<https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2012.11.006>
- Mustafa El Hadi, W. (2017), « Diversité culturelle et linguistique et dimension éthique dans

- l'organisation des connaissances », in Isabelle Fabre, Cécile Gardiès, Patrick Fraysse, Viviane Couzinet Sur les sciences de l'information et de la communication. Contributions hybrides autour des travaux de Viviane Couzinet, Collection : IDC Information Documentation Communication, I.S.B.N. : 9782364936003, Année de parution : 2017, pp. 411-426.
- Mustafa El Hadi, W. (2022) In the Footprints of Ranganathan: The Impact of Colon Classification on the Francophone Research in Information Science. A Tribute for S.R. Ranganathan's on his 130 the Anniversary, (12 August 2022)
- Mustafa El Hadi, W. (2021): "*A sinergia entre a organização do conhecimento e as humanidades digitais: algumas reflexões*" Publiée In: Seminário internacional humanidades digitais, big data e pesquisa científica. São Paulo: Fundação Fernando Henrique Cardoso.
- Mustafa El Hadi, W. (2019): "*Cultural Frames of Ethics, a Challenge for Information and knowledge Organization*", in Digital Revolution Today and Tomorrow. Infrastructures, Services and Uses. The Fifth Scientific Conference Information Science in an Age of Change Organized by the Department of Information Studies, Faculty of Journalism, Information and Book Studies, University of Warsaw, and the University of Warsaw Library, 13-14 May 2019
- Mustafa El Hadi, W., & Elbeely, S. H. (s. d.). *2nd session 2021-2020 du séminaire européen interdisciplinaire et international de l'école doctorale.*
- Mustafa El Hadi, W., & Favier, L. (2015). Bibliothèques numériques et humanités digitales. La continuité d'une problématique sur l'organisation des connaissances en lettres et sciences humaine. *Les cahiers du numérique*, 11(1), 83-102. <https://doi.org/10.3166/lcn.11.1.83-102>
- Mutis, I., & Issa, R. R. A. (2008). Semiotic proposition for understanding semantics within construction documents. *Tsinghua Science and Technology*, 13(S1), 192-198. [https://doi.org/10.1016/S1007-0214\(08\)70148-2](https://doi.org/10.1016/S1007-0214(08)70148-2)
- Museum Object Lessons for the Digital Age.* (2018). UCL Press. <https://doi.org/10.14324/111.9781787352810>
- Naseer, M., Khan, S., & Porikli, F. (2019). Indoor Scene Understanding in 2.5/3D for Autonomous Agents : A Survey. *IEEE Access*, 7, 1859-1887. <https://doi.org/10.1109/ACCESS.2018.2886133>
- Navarro, N., & Renaud, L. (2024). L'Œuvre et son image numérisée : Représentation, fabrication, documentation. *Études de communication*, 63, 9-26. <https://doi.org/10.4000/12uyb>
- Nelson, B. C. (2007a). Exploring the Use of Individualized, Reflective Guidance In an Educational Multi-User Virtual Environment. *Journal of Science Education and Technology*, 16(1), 83-97. <https://doi.org/10.1007/s10956-006-9039-x>
- Nelson, B. C., & Erlandson, B. E. (2008). Managing cognitive load in educational multi-user virtual environments : Reflection on design practice. *Educational Technology Research and Development*, 56(5-6), 619-641. <https://doi.org/10.1007/s11423-007-9082-1>
- Nicolas, T., Gaugne, R., Tavernier, C., & Arnaldi, V. G. E. B. (2016a). La tomographie, l'impression

- 3D et la réalité virtuelle au service de l'archéologie. *Les nouvelles de l'archéologie*, 146, 16-22.
<https://doi.org/10.4000/nda.3823>
- Nicolas, T., Gaugne, R., Tavernier, C., Millet, E., Bernadet, R., & Gouranton, V. (2018). Lift the veil of the block samples from the Warcq chariot burial with 3D digital technologies. *2018 3rd Digital Heritage International Congress (DigitalHERITAGE) Held Jointly with 2018 24th International Conference on Virtual Systems & Multimedia (VSMM 2018)*, 1-8.
<https://doi.org/10.1109/DigitalHeritage.2018.8810036>
- Nicolas, T., Gaugne, R., Tavernier, C., Petit, Q., Gouranton, V., & Arnaldi, B. (2015). Touching and Interacting with Inaccessible Cultural Heritage. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, 24(3), 265-277. https://doi.org/10.1162/PRES_a_00233
- Nikolakopoulou, V., Printezis, P., Maniatis, V., Kontizas, D., Vosinakis, S., Chatzigrigoriou, P., & Koutsabasis, P. (2022a). Conveying Intangible Cultural Heritage in Museums with Interactive Storytelling and Projection Mapping: The Case of the Mastic Villages. *Heritage*, 5(2), 1024-1049. <https://doi.org/10.3390/heritage5020056>
- Noehrer, L., Gilmore, A., Jay, C., & Yehudi, Y. (2021a). The impact of COVID-19 on digital data practices in museums and art galleries in the UK and the US. *Humanities and Social Sciences Communications*, 8(1), 236. <https://doi.org/10.1057/s41599-021-00921-8>
- Nofal, Eslam, Reffat, Rabee M., & Moore, Andrew Vande. (2017). *Phygital Heritage : An Approach For Heritage Communication*. Verlag der Technischen Universität Graz.
<https://doi.org/10.3217/978-3-85125-530-0-36>
- Nolin, D. P. (2025). *La réalité virtuelle comme outil d'évaluation écologique du fonctionnement cognitif de la personne*.
Nouvelles tendances de la muséologie. (s. d.).
- Noy, C. (2016). Participatory media new and old : Semiotics and affordances of museum media. *Critical Studies in Media Communication*, 33(4), 308-323.
<https://doi.org/10.1080/15295036.2016.1227865>
- Olaz, X., Garcia, R., Ortiz, A., Marichal, S., Villadangos, J., Ardaiz, O., & Marzo, A. (2022a). An Interdisciplinary Design of an Interactive Cultural Heritage Visit for In-Situ, Mixed Reality and Affective Experiences. *Multimodal Technologies and Interaction*, 6(7), 59.
<https://doi.org/10.3390/mti6070059>
- Olcèse, R. (2022). L'art, entre jouissance et utopie selon Emmanuel Levinas. *AUC interpretationes*, 10(1), 119-141. <https://doi.org/10.14712/24646504.2021.16>
- Oliveira Lopes, R. (2020). Museum curation in the digital age. In G. Hearn (Éd.), *The Future of Creative Work*. Edward Elgar Publishing. <https://doi.org/10.4337/9781839101106.00016>
- Ondrejka, C. (2008). *Education Unleashed: Participatory Culture, Education, and Innovation in Second Life*.
Organisation Française des Psychologues spécialisés en Neuropsychologie. (s. d.).

- Ortega, C., & Lara, M. Lopes Ginez de. (2010). A noção de documento : de Otlet aos dias de hoje. *DataGramaZero : Revista de Ciência da Informação*, 11(2). <http://www.brapci.ufpr.br/brapci/index.php/article/download/12626>
- Otlet, P. (1934). *Traité de documentation : le livre sur le livre : théorie et pratique*. Bruxelles : Mundaneum. http://lib.ugent.be/fulltxt/handle/1854/5612/Traite_de_documentation_ocr.pdf <https://doi.org/10.4000/books.emsha.482>
- Oza, P. (2020). *Digital Humanities-An Introduction*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.22411.72485>
- Pacchierotti, C., Sinclair, S., Solazzi, M., Frisoli, A., Hayward, V., & Prattichizzo, D. (2017). Wearable Haptic Systems for the Fingertip and the Hand : Taxonomy, Review, and Perspectives. *IEEE Transactions on Haptics*, 10(4), 580-600. <https://doi.org/10.1109/TOH.2017.2689006>
- Pacheco, D., Wierenga, S., Omedas, P., Wilbricht, S., Knoch, H., & Verschure, P. F. M. J. (2014a). Spatializing experience : A framework for the geolocalization, visualization and exploration of historical data using VR/AR technologies. *Proceedings of the 2014 Virtual Reality International Conference*, 1-4. <https://doi.org/10.1145/2617841.2617842>
- Pagano, A., Palombini, A., Bozzelli, G., De Nino, M., Cerato, I., & Ricciardi, S. (2020a). ArkaeVision VR Game : User Experience Research between Real and Virtual Paestum. *Applied Sciences*, 10(9), 3182. <https://doi.org/10.3390/app10093182>
- Paliokas, I., & Sylaiou, S. (2016). The Use of Serious Games in Museum Visits and Exhibitions : A Systematic Mapping Study. *2016 8th International Conference on Games and Virtual Worlds for Serious Applications (VS-GAMES)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/VS-GAMES.2016.7590371>
- Paloque-Berges, C. (2016). Les sources nativement numériques pour les sciences humaines et sociales. *Histoire@Politique*, 30(3), 221. <https://doi.org/10.3917/hp.030.0221>
- Pan, P. (2021). *Curating multisensory experiences: the possibilities of immersive exhibitions*.
- Papagiannakis, G., Geronikolakis, E., Pateraki, M., López-Menchero, V. M., Tsioumas, M., Sylaiou, S., Liarokapis, F., Grammatikopoulou, A., Dimitropoulos, K., Grammalidis, N., Partarakis, N., Margetis, G., Drossis, G., Vassiliadi, M., Chalmers, A., Stephanidis, C., & Magnenat-Thalmann, N. (2018). Mixed Reality, Gamified Presence, and Storytelling for Virtual Museums. In N. Lee (Éd.), *Encyclopedia of Computer Graphics and Games* (p. 1-13). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-08234-9_249-1
- Paquet, B. (1990). Sémiologie visuelle, peinture et intertextualité. *Horizons philosophiques*, 1(1), 35. <https://doi.org/10.7202/800860ar>
- Paquette, J. (2015). Les musées, instruments des pouvoirs: *NECTART*, N° 1(1), 41-46. <https://doi.org/10.3917/nect.001.0041>
- Parsons, S., Yuill, N., Good, J., & Brosnan, M. (2020). ‘Whose agenda? Who knows best? Whose voice?’ Co-creating a technology research roadmap with autism stakeholders. *Disability & Society*, 35(2), 201-234. <https://doi.org/10.1080/09687599.2019.1624152>
- Partarakis, N., Zabulis, X., Antona, M., & Stephanidis, C. (2020a). Transforming Heritage Crafts to

- Engaging Digital Experiences. In F. Liarokapis, A. Voulodimos, N. Doulamis, & A. Doulamis (Éds.), *Visual Computing for Cultural Heritage* (p. 245-262). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-030-37191-3_13
- Passeron, J.-C., & Pedler, E. (2019a). *Le temps donné aux tableaux : Une enquête au musée Granet, augmentée d'études sur la réception de la peinture et de la musique* (S. Coavoux, I. Martinache, & P. Mercklé, Éds.). ENS Éditions. <https://doi.org/10.4000/books.enseditions.16682>
- Penjor, T., Banihashemi, S., Hajirasouli, A., & Golzad, H. (2024). Heritage building information modeling (HBIM) for heritage conservation : Framework of challenges, gaps, and existing limitations of HBIM. *Digital Applications in Archaeology and Cultural Heritage*, 35, e00366. <https://doi.org/10.1016/j.daach.2024.e00366>
- Pennec, C. (2019). *Le virtuel au service du réel*.
- Perret, J., & Poorten, E. V. (2021). *Touching Virtual Reality : A Review of Haptic Gloves*.
- Perry, S., Roussou, M., Economou, M., Young, H., & Pujol, L. (2017). Moving beyond the virtual museum : Engaging visitors emotionally. *2017 23rd International Conference on Virtual System & Multimedia (VSMM)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/VSM.2017.8346276>
- Péter, R. (2021). *What is Digital Humanities?*
- Petridis, P., Dunwell, I., Liarokapis, F., Constantinou, G., Arnab, S., De Freitas, S., & Hendrix, M. (2013). The Herbert Virtual Museum. *Journal of Electrical and Computer Engineering*, 2013, 1-8. <https://doi.org/10.1155/2013/487970>
- Peyrin, A. (2012). Focus—Les paradoxes de la médiation culturelle dans les musées: *Informations sociales*, n° 170(2), 62-65. <https://doi.org/10.3917/inso.170.0062>
- Pietroni, E., & Ferdani, D. (2021). Virtual Restoration and Virtual Reconstruction in Cultural Heritage : Terminology, Methodologies, Visual Representation Techniques and Cognitive Models. *Information*, 12(4), 167. <https://doi.org/10.3390/info12040167>
- Pietroni, E., Ferdani, D., Forlani, M., Pagano, A., & Rufa, C. (2019). Bringing the Illusion of Reality Inside Museums—A Methodological Proposal for an Advanced Museology Using Holographic Showcases. *Informatics*, 6(1), 2. <https://doi.org/10.3390/informatics6010002>
- Pickover, C. A. (2021). L'eniad. Hors collection, 122-124. <https://stm.cairn.info/la-fabuleuse-histoire-de-l-intelligence-artificielle--9782100813186-page-122>
- Piper Hutson1, J. H. (2025). *Neuroarts and Neuroaesthetics*. <https://doi.org/10.5281/ZENODO.15300620>
- Piquerez, C. (2024). *L'accueil des personnes en situation de handicap intellectuel dans les musées : La médiation culturelle confrontée aux enjeux de l'inclusion et de la co- conception*.
- Pisoni, G., Díaz-Rodríguez, N., Gijlers, H., & Tonolli, L. (2021). Human-Centered Artificial Intelligence for Designing Accessible Cultural Heritage. *Applied Sciences*, 11(2), 870. <https://doi.org/10.3390/app11020870>
- Plantin, J.-C. (2014). Les digital humanities : Accomplissements et défis pour un agencement post-

- disciplinaire. *Les cahiers du numérique*, 10(4), 41-62. <https://doi.org/10.3166/lcn.10.4.41-62>
- Poli, M.-S. (2015). *Pour une poétique du musée et de la muséologie aujourd'hui*.
- Pommier, É. (dir.). (1989). *Le Problème du musée à la veille de la Révolution*, Les Cahiers du Musée Girodet, n° 1, p. 8
- Pommier, É. (dir.). (1989). *Les musées en Europe à la veille de l'ouverture du Louvre : Actes du colloque organisé par le Service culturel du musée du Louvre*.
- Portalés, C., Lerma, J. L., & Navarro, S. (2010). Augmented reality and photogrammetry : A synergy to visualize physical and virtual city environments. *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing*, 65(1), 134-142. <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2009.10.001>
- Poulopoulos, V., & Wallace, M. (2022). Digital Technologies and the Role of Data in Cultural Heritage : The Past, the Present, and the Future. *Big Data and Cognitive Computing*, 6(3), 73. <https://doi.org/10.3390/bdcc6030073>
- Poulot, D. (2009). *Musée et muséologie: La Découverte*. <https://doi.org/10.3917/dec.poulo.2009.01>
- Poulot, D. (2009). V. Le paysage contemporain des musées. In *Musée et muséologie* (pp. 77–96). Paris : La Découverte. <https://shs.cairn.info/musee-et-museologie--9782707158055-page-77?lang=fr>
- Pramartha, C., & Davis, J. G. (2016). Digital Preservation of Cultural Heritage : Balinese Kulkul Artefact and Practices. In M. Ioannides, E. Fink, A. Moropoulou, M. Hagedorn-Saupe, A. Fresa, G. Liestøl, V. Rajcic, & P. Grussenmeyer (Éds.), *Digital Heritage. Progress in Cultural Heritage : Documentation, Preservation, and Protection* (Vol. 10058, p. 491-500). Springer International Publishing. https://doi.org/10.1007/978-3-319-48496-9_38
- Prandi, C., Barricelli, B. R., Mirri, S., & Fogli, D. (2023). Accessible wayfinding and navigation : A systematic mapping study. *Universal Access in the Information Society*, 22(1), 185-212. <https://doi.org/10.1007/s10209-021-00843-x>
- Pronovost, G. (2014). Sociologie du loisir, sociologie du temps. *Temporalités*, 20. <https://doi.org/10.4000/temporalites.2863>
- Pujol, L., Roussou, M., Poulou, S., Balet, O., Vayanou, M., & Ioannidis, Y. (2022). *Personalizing interactive digital storytelling in archaeological museums : The CHESS project*.
- Quaresma, M., Soares, M. M., & Correia, M. (2022). UX Concepts and Perspectives – From Usability to User-Experience Design. In M. M. Soares, F. Rebelo, & T. Z. Ahram, *Handbook of Usability and User Experience* (1^{re} éd., p. 3-16). CRC Press. <https://doi.org/10.1201/9780429343513-2>
- Raczy, D. (s. d.). *Le système cognitif humain*.
- Radiani, J., Majchrzak, T., Fromm, J., & Wohlgenannt, I. (2020). A systematic review of immersive virtual reality applications for higher education: Design elements, lessons learned, and research agenda. *Computers & Education*, Volume 147
- Rajashekara, N. (2005). *INFORMATION/KNOWLEDGE ORGANIZATION IN A FOLK MUSEUM*.
- Rasmussen, C. H., Rydbeck, K., & Larsen, H. (2022). Introduction. In C. Hvenegaard Rasmussen, K. Rydbeck, & H. Larsen, *Libraries, Archives, and Museums in Transition* (1^{re} éd., p. 1-14).

- Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781003188834-1>
- Rémy, J. (2020). Présentation. In *La transaction sociale* (p. 99-100). éres. <https://doi.org/10.3917/eres.remy.2020.01.0099>
- Rivallain, J. (2001). Cabinets de curiosité, aux origines des musées. *Outre-Mers. Revue d'histoire*, 88(332), 17-35. <https://doi.org/10.3406/outre.2001.3878>
- Robinson, H. (2021a). Debating the 'museum': A quantitative content analysis of international proposals for a new ICOM museum definition. *International Journal of Heritage Studies*, 27(11), 1163-1178. <https://doi.org/10.1080/13527258.2021.1960886>
- Robinson-Sweet, A. (2018). Truth and Reconciliation: Archivists as Reparations Activists. *The American Archivist*, 81(1), 23-37. <https://doi.org/10.17723/0360-9081-81.1.23>
- Rochas, J. R. (s. d.). *Du Cabinet de curiosités au Muséum: Les origines scientifiques du Muséum d'histoire naturelle de Grenoble (1773-1855)*.
- Rodriguez, R. (1967). *Pierre Bourdieu et Alain Darbel, L'Amour de l'Art: Les musées et leur public*, Paris, Éditions de Minuit, 1966.
- Rosanvallon, P. (s. d.). *De l'égalité des chances à la société des égaux*.
- Roussou, M. (s. d.-a). *Immersive Interactive Virtual Reality in the Museum*.
- Roussou, M. (2000). *Immersive Interactive Virtual Reality and Informal Education*.
- Roussou, M., & Katifori, A. (2018). Flow, Staging, Wayfinding, Personalization: Evaluating User Experience with Mobile Museum Narratives. *Multimodal Technologies and Interaction*, 2(2), 32. <https://doi.org/10.3390/mti2020032>
- Rueda, A., Lefebvre, M., Forestier, M. L., Mandin-Charrier, A., & Chatelet, C. (2024). Rentrer dans le tableau: Étude des productions en réalité virtuelle de la collection ARTE Trips. *Études de communication*, 63, 133-152. <https://doi.org/10.4000/12uyh>
- Rueff, B. (2016). La lumière du passé à la faveur de la réalité virtuelle. Une archéologie des perceptions en Méditerranée orientale? *Les nouvelles de l'archéologie*, 146, 28-32. <https://doi.org/10.4000/nda.3832>
- Ryoo, J., & Winkelmann, K. (Éds.). (2021). *Innovative Learning Environments in STEM Higher Education: Opportunities, Challenges, and Looking Forward*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-58948-6>
- Sadowski, P. (2016). *BETWEEN INDEX AND ICON: TOWARDS THE SEMIOTICS OF THE CAST SHADOW*.
- Sadowski, P. (2020). In the kingdom of shadows: Towards a cognitive definition of photographic media. In P. Perniss, O. Fischer, & C. Ljungberg (Éds.), *Iconicity in Language and Literature* (Vol. 17, p. 231-244). John Benjamins Publishing Company. <https://doi.org/10.1075/ill.17.14sad>
- Saint-Raymond, L. (2021). *Vers une histoire élargie des collections? Les annuaires artistiques des collectionneurs au prisme des humanités numériques*.
- Saleme, E. B., Covaci, A., Mesfin, G., Santos, C. A. S., & Ghinea, G. (2020a). Mulsemmedia DIY: A

- Survey of Devices and a Tutorial for Building Your Own Mulsemmedia Environment. *ACM Computing Surveys*, 52(3), 1-29. <https://doi.org/10.1145/3319853>
- Samain, D. (2021). Le béhaviorisme sémiotique de Jakob von Uexküll. *Histoire Épistémologie Langage*, 43-2, 113-136. <https://doi.org/10.4000/hel.1209>
- Sandri, É. (2016). Les ajustements des professionnels de la médiation au musée face aux enjeux de la culture numérique. *Études de communication*, 46, 71-86. <https://doi.org/10.4000/edc.6557>
- Santos, B. de S. (2016a). *Epistemologies of the South : Justice against epistemicide*. Routledge. <https://doi.org/10.4324/9781315634876>
- Scheiner, T. (s. d.). *Réfléchir sur le champ muséal : Significations et impact théorique delamuséologie*.
- Schiller, D. (2023). Face in the mirror, what do you see? Catoptric autoexperimentation and the physiognomic gaze. *Chinese Semiotic Studies*, 19(3), 481-510. <https://doi.org/10.1515/css-2023-2017>
- Schmitt, C. (2010). La scénographie, de l'espace au regard. *Figures de l'Art. Revue d'études esthétiques*, 18(1), 199-208. <https://doi.org/10.3406/fdart.2010.904>
- Schnapper A. 1988 Le géant, la licorne, la tulipe. Collections françaises dans la France du XVIIIe siècle, Paris, Flammarion.
- Schöpfel, J., & Azeroual, O. (2023). Ethical Issues of the Organization and Management of Research Information. *Communication, Technologies et Développement*, 14. <https://doi.org/10.4000/ctd.9857>
- Schuh, K. L., & Barab, S. A. (2007). Philosophical Perspectives. *Philosophical Perspectives*.
- Schulmann, F. (s. d.). *Bourdieu P., Dardel A., L'amour de l'art. Les musées et leur public*.
- Schweibenz, W. (2019). *The Virtual Museum: an overview of its origins, concepts, and terminology*. *Schweibenz_2019_Virtual-Museum_TMR_vol4no1.pdf*
- Sharkey, P. (ed), Brooks, T. (ed), & Cobb, S. (ed). (2006). *The 6th International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies : 18-20 September 2006, Musikhuset Esbjerg, Danmark : Proceedings*. ICDVRAT and the University of Reading.
- Sharples, S., Cobb, S., Moody, A., & Wilson, J. R. (2008). Virtual reality induced symptoms and effects (VRISE) : Comparison of head mounted display (HMD), desktop and projection display systems. *Displays*, 29(2), 58-69. <https://doi.org/10.1016/j.displa.2007.09.005>
- Silva Saldanha, G., & Dotta Ortega, C. (2022). Apports épistémologiques des travaux théoriques et appliqués de Suzanne Briet. *Sciences de la société*, 109. <https://doi.org/10.4000/1499j>
- Siountri, K., Skondras, E., & Vergados, D. D. (2019). Towards a Smart Museum using BIM, IoT, Blockchain and Advanced Digital Technologies. *Proceedings of the 3rd International Conference on Vision, Image and Signal Processing*, 1-6. <https://doi.org/10.1145/3387168.3387196>
- Sitbon, C. (2022a). Boris Vian 2.0 : Humanités numériques, et traces de pluralité auctoriale. *Études littéraires*, 51(1), 77. <https://doi.org/10.7202/1089712ar>

- Skublewska-Paszkowska, M., Milosz, M., Powroznik, P., & Lukasik, E. (2022). 3D technologies for intangible cultural heritage preservation—Literature review for selected databases. *Heritage Science*, 10(1), 3. <https://doi.org/10.1186/s40494-021-00633-x>
- Sonesson, G. (2011). Semiotics Inside-Out and/or Outside-In. How to Understand Everything and (with Luck) Influence People. *Signata*, 2, 315-348. <https://doi.org/10.4000/signata.742>
- Song, Z., & Evans, L. (2024). The museum of digital things : Extended reality and museum practices. *Frontiers in Virtual Reality*, 5, 1396280. <https://doi.org/10.3389/frvir.2024.1396280>
- Soulet, M.-H. (2007). *Justesse, justice et justification. Les embarras de l'action sociale*.
- Soulier, E. (2014). Les humanités numériques sont-elles des agencements ? *Les cahiers du numérique*, 10(4), 9-40. <https://doi.org/10.3166/lcn.10.4.9-40>
- Spadoni, E., Porro, S., Bordegoni, M., Arosio, I., Barbalini, L., & Carulli, M. (2022). Augmented Reality to Engage Visitors of Science Museums through Interactive Experiences. *Heritage*, 5(3), 1370-1394. <https://doi.org/10.3390/heritage5030071>
- Spécialité—Naturalia et collections. (s. d.). Consulté 16 février 2025, à l'adresse <https://ffcr.fr/les-specialites/18-les-specialites/94-specialite-naturalia-et-collections>
- Stainforth, Elizabeth. 2016. "From Museum to Memory Institution: The Politics of European Culture Online." *Museum & Society*. 14 (2): 323–37.
- Strickland, D. C., McAllister, D., Coles, C. D., & Osborne, S. (2007). An Evolution of Virtual Reality Training Designs for Children With Autism and Fetal Alcohol Spectrum Disorders. *Topics in Language Disorders*, 27(3), 226-241. <https://doi.org/10.1097/01.TLD.0000285357.95426.72>
- Strickland, D., Marcus, L. M., Mesibov, G. B., & Hogan, K. (1996). Brief report : Two case studies using virtual reality as a learning tool for autistic children. *Journal of Autism and Developmental Disorders*, 26(6), 651-659. <https://doi.org/10.1007/BF02172354>
- Studiolo 1, 2002 – Rome et Paris 1650–1750*. (2002). *Studiolo*, 1(1). https://www.persee.fr/issue/studi_1635-0871_2002_num_1_1
- Styliani, S., Fotis, L., Kostas, K., & Petros, P. (2009). Virtual museums, a survey and some issues for consideration. *Journal of Cultural Heritage*, 10(4), 520-528. <https://doi.org/10.1016/j.culher.2009.03.003>
- Sutherland, T. (2017). Archival Amnesty : In Search of Black American Transitional and Restorative Justice. *Journal of Critical Library and Information Studies*, 1(2). <https://doi.org/10.24242/jclis.v1i2.42>
- Suzzarelli, B., Chevallier, D., Watremez, A., Suzanne, G., Dubé, P., Hubert, F., Schindler, M., Schinz, O., & Corteville, J. (s. d.). *Préface Quels musées de civilisation(s) pour l'avenir ? 9*.
- Suzzoni, C. (2018). La transmission au défi du numérique: *Esprit*, Mai(5), 127-138. <https://doi.org/10.3917/espri.1805.0127>
- Svensson, P. (2010). The landscape of digital humanities. *Digital Humanities Quarterly*, 004(1).
- Swaggart, B. L., Gagnon, E., Bock, S. J., Earles, T. L., Quinn, C., Myles, B. S., & Simpson, R. L. (1995).

- Using Social Stories to Teach Social and Behavioral Skills to Children with Autism. *Focus on Autistic Behavior*, 10(1), 1-16. <https://doi.org/10.1177/108835769501000101>
- Taillade, M., N’Kaoua, B., Pala, P. A., & Sauzéon, H. (2014). Cognition spatiale et vieillissement : Les nouveaux éclairages offerts par les études utilisant la réalité virtuelle: *Revue de neuropsychologie*, Volume 6(1), 36-47. <https://doi.org/10.1684/nrp.2014.0292>
- Tassinari, C. A. (2023). L’héritage difficile de l’antimafia : Une approche sémiotique du musée No Mafia Memorial de Palerme. *Culture & musées*, 42, 130-159. <https://doi.org/10.4000/culturemusees.10754>
- The Impediments of Intangible Cultural Heritage Inheritance and Conversation and the Path Breakthrough in the Context of Digital Survival. (2022). *Academic Journal of Humanities & Social Sciences*, 5(19). <https://doi.org/10.25236/AJHSS.2022.051918>
- Thellefsen, M., & Friedman, A. (2023). Icons and metaphors in visual communication : The relevance of Peirce’s theory of iconicity for the analysis of visual communication. *Public Journal of Semiotics*, 10(2). <https://doi.org/10.37693/pjos.2023.10.24762>
- Thiburce, J., Doulfaquar, S., & Lascar, J. (2024). Concevoir un dispositif numérique à 360° pour une expérience augmentée des œuvres au musée. *Études de communication*, 63, 27-50. <https://doi.org/10.4000/12uyc>
- Thomer, A., Cheng, Y.-Y., Schneider, J., Twidale, M., & Ludäscher, B. (2017a). Logic-Based Schema Alignment for Natural History Museum Databases. *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 44(7), 545-558. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2017-7-545>
- Todino, M. D., & Campitiello, L. (2025). Museum Education. *Encyclopedia*, 5(1), 3. <https://doi.org/10.3390/encyclopedia5010003>
- Todino, M. D., Pitri, E., Fella, A., Michaelidou, A., Campitiello, L., Placanica, F., Di Tore, S., & Sibilio, M. (2025). Bridging Tradition and Innovation : Transformative Educational Practices in Museums with AI and VR. *Computers*, 14(7), 257. <https://doi.org/10.3390/computers14070257>
- Tom Dieck, M. C., & Jung, T. (Éds.). (2019). *Augmented Reality and Virtual Reality : The Power of AR and VR for Business*. Springer International Publishing. <https://doi.org/10.1007/978-3-030-06246-0>
- Toursel, A., & Useille, P. (2020). Le reportage immersif : Une expérience paradoxale du réel et de la vérité ? *Recherches en Communication*, 51, 103-122. <https://doi.org/10.14428/rec.v51i0.58573>
- Tran, Q.-T. (2023a). Standardization and the Neglect of Museum Objects : An Infrastructure-Based Approach for Inclusive Integration of Cultural Artifacts. *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 50(5), 369-380. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2023-5-369>
- Tsita, C., Satratzemi, M., Pedefoudas, A., Georgiadis, C., Zampeti, M., Papavergou, E., Tsiara, S., Sismanidou, E., Kyriakidis, P., Kehagias, D., & Tzovaras, D. (2023). A Virtual Reality Museum to Reinforce the Interpretation of Contemporary Art and Increase the Educational Value of User Experience. *Heritage*, 6(5), 4134-4172. <https://doi.org/10.3390/heritage6050218>

- Tuegel, E. J., Ingraffea, A. R., Eason, T. G., & Spottswood, S. M. (2011a). Reengineering Aircraft Structural Life Prediction Using a Digital Twin. *International Journal of Aerospace Engineering*, 2011, 1-14. <https://doi.org/10.1155/2011/154798>
- Turner, C. (2016). *The Routledge Companion to Dramaturgy* edited by Magda Romanska. *Contemporary Theatre Review*, 26(3), 381-382. <https://doi.org/10.1080/10486801.2016.1187517>
- Turner, H. (2017a). Organizing Knowledge in Museums : A Review of Concepts and Concerns. *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 44(7), 472-484. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2017-7-472>
- Uzunova, V. G. (2001). Modélisation sociologique de la réalité virtuelle du musée. *Journal des anthropologues*, 85-86, 285-299. <https://doi.org/10.4000/jda.2897>
- Vacaflor, N., & Lima, F. (2020). L'usage de la réalité virtuelle au service du changement du comportement humain : Entretien avec Géraldine Fauville et Anna Carolina Muller Queiroz, Virtual Human Interaction Lab, Stanford University, Californie, USA. *Communication et organisation*, 58, 121-126. <https://doi.org/10.4000/communicationorganisation.9462>
- VanderBerg, R. (2012). Converging libraries, archives and museums : Overcoming distinctions, but for what gain? *Archives and Manuscripts*, 40(3), 136-146. <https://doi.org/10.1080/01576895.2012.735826>
- Vanleene, F., Lyman-Hager, M. A., & Mercurol, L. (2019a). Humanités numériques et pédagogie participative : Cas d'une classe expérimentale pluridisciplinaire inversée: *Éla. Études de linguistique appliquée*, N° 193(1), 91-105. <https://doi.org/10.3917/ela.193.0091>
- Velasco, A., & Triantafyllou, M. (2018). *L'inscription sociale dans les musées*.
- Velasco, C., Karunanayaka, K., & Nijholt, A. (2018a). Editorial : Multisensory Human-Food Interaction. *Frontiers in Psychology*, 9, 796. <https://doi.org/10.3389/fpsyg.2018.00796>
- Vergnieux, R., & Giligny, F. (2016). Pour un usage raisonné de la 3D en archéologie. *Les nouvelles de l'archéologie*, 146. <https://doi.org/10.4000/nda.3818>
- Vergnioux, A. (2007). Du musée républicain au musée scolaire. In H. Peyronie & A. Vergnioux (Éds.), *Éducation et longue durée* (p. 69-88). Presses universitaires de Caen. <https://doi.org/10.4000/books.puc.9292>
- Vidal, G. (2019). Usages numériques et nouvelles relations muséales. *Quaderni*, 98, 61-72. <https://doi.org/10.4000/quaderni.1443>
- Villemin, C., Abel, F., Dispersyn, G., Cotty-Eslous, M., & Marchand, S. (2021). La réalité virtuelle comme antidouleur : Une revue systématique de la littérature. *Douleur et Analgésie*, 34(3), 163-170. <https://doi.org/10.3166/dea-2021-0171>
- Vinck, D. (2016). Les humanités numériques, c'est la dématérialisation du patrimoine culturel. *Idées reçues*, 25-37. <https://shs.cairn.info/humanites-numeriques--9782846708883-page-25>
- Virtual Reality and Art History : A Case Study of Digital Humanities and Immersive Learning

- Environments. (2022). *Journal of Higher Education Theory and Practice*, 22(2). <https://doi.org/10.33423/jhetp.v22i2.5036>
- Vivant, E. (2008). Du musée-conservateur au musée-entrepreneur. *Téoros: Revue de recherche en tourisme*, 27(3), 43. <https://doi.org/10.7202/1070783ar>
- Vogel, J. (2014). *Sémiotique de l'information chez Charles S. Peirce*.
- Volkmar, G., Wenig, N., & Malaka, R. (2018). Memorial Quest—A Location-based Serious Game for Cultural Heritage Preservation. *Proceedings of the 2018 Annual Symposium on Computer-Human Interaction in Play Companion Extended Abstracts*, 661-668. <https://doi.org/10.1145/3270316.3271517>
- Vouilloux, B. (2014). La description de l'œuvre d'art : Un double défi pour la sémiotique du texte littéraire. *Signata*, 5, 101-121. <https://doi.org/10.4000/signata.467>
- Waibel, G., & Erway, R. (2009). Think globally, act locally : Library, archive, and museum collaboration. *Museum Management and Curatorship*, 24(4), 323-335. <https://doi.org/10.1080/09647770903314704>
- Walsh, J. A., Cobb, P. J., De Fremery, W., Golub, K., Keah, H., Kim, J., Kiplang'at, J., Liu, Y., Mahony, S., Oh, S. G., Sula, C. A., Underwood, T., & Wang, X. (2022). Digital humanities in the iSCHOOL. *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 73(2), 188-203. <https://doi.org/10.1002/asi.24535>
- Wang, L., Lyu, C., Ji, T., Zhang, Z., Yu, D., Shi, S., & Tu, Z. (2023a). *Document-Level Machine Translation with Large Language Models* (No. arXiv:2304.02210). arXiv. <https://doi.org/10.48550/arXiv.2304.02210>
- Wang, M., Yang, G.-Y., Lin, J.-K., Zhang, S.-H., Shamir, A., Lu, S.-P., & Hu, S.-M. (2019). Deep Online Video Stabilization With Multi-Grid Warping Transformation Learning. *IEEE Transactions on Image Processing*, 28(5), 2283-2292. <https://doi.org/10.1109/TIP.2018.2884280>
- Wang, N., Jia, C., Wang, J., & Li, Z. (2025). Identifying key factors influencing immersive experiences in virtual reality enhanced museums. *Scientific Reports*, 15(1), 31990. <https://doi.org/10.1038/s41598-025-15628-y>
- Wang, P., Ma, X., Fei, L., Zhang, H., Zhao, D., & Zhao, J. (2022a). When the Digital Twin Meets the Preventive Conservation of Wooden Cultural Heritages. *SSRN Electronic Journal*. <https://doi.org/10.2139/ssrn.4211559>
- Warburton, S. (2009a). Second Life in higher education : Assessing the potential for and the barriers to deploying virtual worlds in learning and teaching. *British Journal of Educational Technology*, 40(3), 414-426. <https://doi.org/10.1111/j.1467-8535.2009.00952.x>
- Warwick, C., Terras, M., & Nyhan, J. (Éds.). (2012). *Digital humanities in practice*. Facet Publishing in association with UCL Centre for Digital Humanities.
- Wildgen, W. (2020). Apport de l'épistémologie de René Thom à la sémiotique. *Estudos Semióticos*,

- 16(3), 205-232. <https://doi.org/10.11606/issn.1980-4016.esse.2020.172221>
- Windhager, F., Federico, P., Schreder, G., Glinka, K., Dork, M., Miksch, S., & Mayr, E. (2019). Visualization of Cultural Heritage Collection Data : State of the Art and Future Challenges. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 25(6), 2311-2330. <https://doi.org/10.1109/TVCG.2018.2830759>
- Winn, W. (2002). *Learning in Artificial Environments : Embodiment, Embeddedness and Dynamic Adaptation*.
- Winograd, T., & Flores, F. (1987). On understanding computers and cognition : A new foundation for design. *Artificial Intelligence*, 31(2), 250-261. [https://doi.org/10.1016/0004-3702\(87\)90026-9](https://doi.org/10.1016/0004-3702(87)90026-9)
- Witter, M., De Rooij, A., Van Dartel, M., & Krahmer, E. (2022a). Bridging a sensory gap between deaf and hearing people—A plea for a situated design approach to sensory augmentation. *Frontiers in Computer Science*, 4, 991180. <https://doi.org/10.3389/fcomp.2022.991180>
- Witting, C., Fehr, M., Bähnemann, R., Oleynikova, H., & Siegwart, R. (2018a). History-aware Autonomous Exploration in Confined Environments using MAVs. *2018 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems (IROS)*, 1-9. <https://doi.org/10.1109/IROS.2018.8594502>
- Wojciechowski, R., Walczak, K., White, M., & Cellary, W. (2004). Building Virtual and Augmented Reality museum exhibitions. *Proceedings of the Ninth International Conference on 3D Web Technology*, 135-144. <https://doi.org/10.1145/985040.985060>
- Woletz, J. (2018). *INTERFACES OF IMMERSIVE MEDIA*.
- Wunderkammer. (s. d.). Oxford Reference. <https://doi.org/10.1093/oi/authority.20110803125130285>
- Wythe, D. (2007). New Technologies and the Convergence of Libraries, Archives, and Museums. *RBM: A Journal of Rare Books, Manuscripts, and Cultural Heritage*, 8(1), 51-55. <https://doi.org/10.5860/rbm.8.1.276>
- Yakin, H. S. Mohd., & Totu, A. (2014a). The Semiotic Perspectives of Peirce and Saussure : A Brief Comparative Study. *Procedia - Social and Behavioral Sciences*, 155, 4-8. <https://doi.org/10.1016/j.sbspro.2014.10.247>
- Yang, X., Ye, Y., Li, X., Lau, R. Y. K., Zhang, X., & Huang, X. (2018a). Hyperspectral Image Classification With Deep Learning Models. *IEEE Transactions on Geoscience and Remote Sensing*, 56(9), 5408-5423. <https://doi.org/10.1109/TGRS.2018.2815613>
- Yap, J. Q. H., Kamble, Z., Kuah, A. T. H., & Tolkach, D. (2024). The impact of digitalisation and digitisation in museums on memory-making. *Current Issues in Tourism*, 27(16), 2538-2560. <https://doi.org/10.1080/13683500.2024.2317912>
- Yin, Y., Zheng, P., Li, C., & Wang, L. (2023a). A state-of-the-art survey on Augmented Reality-assisted Digital Twin for futuristic human-centric industry transformation. *Robotics and Computer-Integrated Manufacturing*, 81, 102515. <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2022.102515>
- Yousif, M. (2021). Blended Learning Through an Interactive Mobile Application for Teaching Autistic

- Kindergarten Students. *Artificial Intelligence & Robotics Development Journal*, 132-146. <https://doi.org/10.52098/airdj.202138>
- Yousif, M. (2022). VR/AR Environment for Training Students on Engineering Applications and Concepts. *Artificial Intelligence & Robotics Development Journal*, 173-186. <https://doi.org/10.52098/airdj.202254>
- Yun, J. J., Choi, B., & Kim, J. (2021). Changes and Challenges in Museum Management after the COVID-19 Pandemic. *Journal of Open Innovation: Technology, Market, and Complexity*, 7(2), 148. <https://doi.org/10.3390/joitmc7020148>
- Zeng, M. L. (2008a). Knowledge Organization Systems (KOS). *KNOWLEDGE ORGANIZATION*, 35(2-3), 160-182. <https://doi.org/10.5771/0943-7444-2008-2-3-160>
- Zeng, M. L., Sula, C. A., Gracy, K. F., Hyvönen, E., & Alves Lima, V. M. (2022). JASIST special issue on digital humanities (DH). *Journal of the Association for Information Science and Technology*, 73(2), 143-147. <https://doi.org/10.1002/asi.24584>
- Zhang, L., Bowman, D. A., & Jones, C. N. (2019). Exploring Effects of Interactivity on Learning with Interactive Storytelling in Immersive Virtual Reality. *2019 11th International Conference on Virtual Worlds and Games for Serious Applications (VS-Games)*, 1-8. <https://doi.org/10.1109/VS-Games.2019.8864531>
- Zhang, R., Peng, F., & Gwilt, I. (2024). Exploring the role of immersive technology in digitally representing contemporary crafts within hybrid museum exhibitions : A scoping review. *Digital Creativity*, 35(4), 355-377. <https://doi.org/10.1080/14626268.2024.2398457>
- Zhang, X., Yang, D., Yow, C. H., Huang, L., Wu, X., Huang, X., Guo, J., Zhou, S., & Cai, Y. (2022). Metaverse for Cultural Heritages. *Electronics*, 11(22), 3730. <https://doi.org/10.3390/electronics11223730>
- Zhao, J., Guo, L., & Li, Y. (2022a). Application of Digital Twin Combined with Artificial Intelligence and 5G Technology in the Art Design of Digital Museums. *Wireless Communications and Mobile Computing*, 2022(1), 8214514. <https://doi.org/10.1155/2022/8214514>

Websites:

- 2008 | Timeless. (2008, décembre 19). *The Library of Congress*. <https://blogs.loc.gov/loc/2008>
- Centre ressource réhabilitation. (2025, octobre 28). *Centre ressource réhabilitation*. <https://centre-ressource-rehabilitation.org/>
- Cognitive : Définition de cognitive. (s. d.). *Centre National de Ressources Textuelles et Lexicales (CNRTL)*. <https://www.cnrtl.fr/definition/cognitive>
- Commission européenne. (2025, octobre 24). *Commission européenne : Site web officiel*. https://commission.europa.eu/index_fr
- Convention de Faro sur la valeur du patrimoine culturel pour la société. (s. d.). *Conseil de l'Europe*. <https://www.coe.int/fr/web/culture-and-heritage/faro-convention>
- Convention pour la protection des biens culturels en cas de conflit armé, avec règlement d'exécution — Legal Affairs. (s. d.). *UNESCO*. <https://www.unesco.org/fr/legal-affairs/convention-protection-cultural-property-event-armed-conflict-regulations-execution-convention>
- CyArk. (s. d.). *CyArk*. <https://www.cyark.org/>
- Eternelle-Notre Dame. (s. d.). *Eternelle Notre-Dame*. <https://www.eterellenotredame.com/en/>
- Glam – Galleries, gardens, libraries, archives and museums | University of Pretoria. (s. d.). *University of Pretoria*. <https://www.up.ac.za/-glam-galleriesgardens-libraries-archives-and-museums>
- Google Arts & Culture. (s. d.). *Google Arts & Culture*. <https://artsandculture.google.com/>
- Homepage | Conseil de sécurité. (s. d.). *Organisation des Nations unies*. <https://main.un.org/securitycouncil/fr>
- La muséologie. (s. d.). *SHS Cairn.info*. <https://shs.cairn.info/la-museologie--9782200630997>
- Louvre Museum. (s. d.). *Louvre Museum Collections*. <https://collections.louvre.fr/en/recherche?page=34&q=nubie>
- Organisation Française des Psychologues spécialisés en Neuropsychologie. (s. d.). *OFPN*. <https://www.ofpn.fr/>
- Rendre la Convention plus opérationnelle : Deuxième Protocole de 1999. (s. d.). *UNESCO*. <https://www.unesco.org/fr/heritage-armed-conflicts/second-protocol>
- Texte de la Convention pour la sauvegarde du patrimoine culturel immatériel. (s. d.). *UNESCO Patrimoine culturel immatériel*. <https://ich.unesco.org/fr/convention>
- The Metropolitan Museum of Art. (s. d.). *The Metropolitan Museum of Art*. <https://www.metmuseum.org/>
- The Muse of History. (s. d.). *Harvard University Press*. <https://www.hup.harvard.edu/books/9780674297456>
- The National Museum of Computing. (s. d.). *The National Museum of Computing*. <https://www.tnmoc.org>

- Universalis, E. (s. d.). *Cabinet de curiosités ou wunderkammer*. *Encyclopædia Universalis*.
<https://www.universalis.fr/encyclopedie/cabinet-de-curiosites-wunderkammer/>
- Universalis, E. (s. d.). *Collectionnisme : Du « studiolo » au musée*. *Encyclopædia Universalis*.
<https://www.universalis.fr/encyclopedie/collectionnisme/2-du-studiolo-au-musee/>
- Universalis, E. (s. d.). *Égypte antique (Histoire) – L'Égypte ptolémaïque : La famille des Lagides*. *Encyclopædia Universalis*. <https://www.universalis.fr/encyclopedie/egypte-antique-histoire-l-egypte-ptolemaïque/2-la-famille-des-lagides/>
- Un peu d'histoire. (s. d.). *Ministère de la Culture*.
<https://www.culture.gouv.fr/Thematiques/musees/Les-musees-en-France/Les-musees-de-France/Un-peu-d-histoire>
- Ubisoft. (s. d.). *Ubisoft – Site officiel*. <https://www.ubisoft.com/fr-fr/>
- Venise révélée. (s. d.). *Grand Palais Immersif*. <https://grandpalais-immersif.fr/venise-revelee>
- Version 1 — Transforming business challenges into change. (s. d.). *Version 1*.
<https://www.version1.com/>

ANNEXES :

ANNEXE A : le studiolo de Frédéric III de Montefeltre



Encyclopédie Universalis

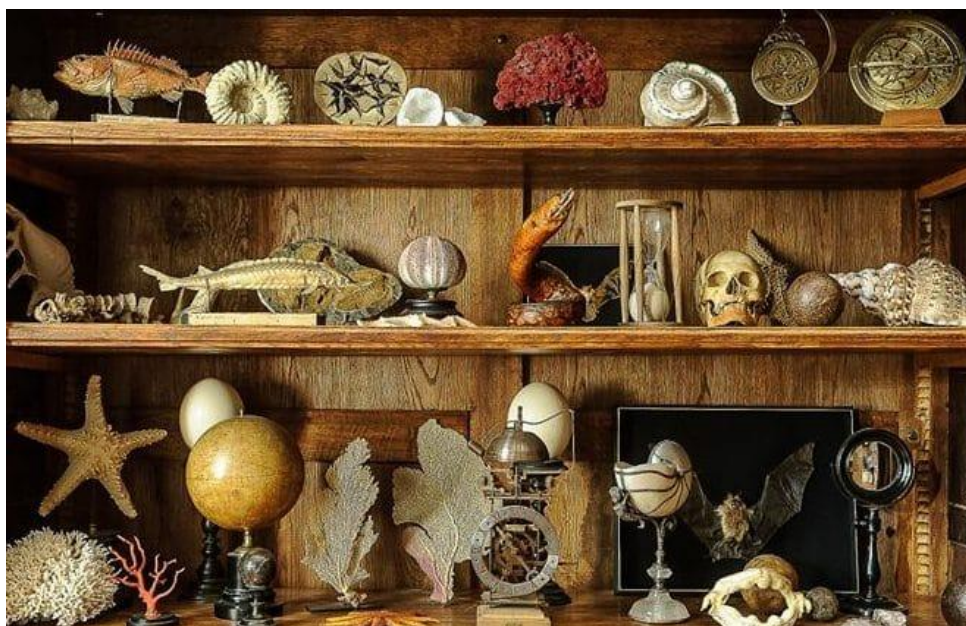


Le Quotidien de l'Art

ANNEXE B : Le studiolo de Francesco I de Médicis



ANNEXE C : Cabinets de curiosités ou Wunderkammer

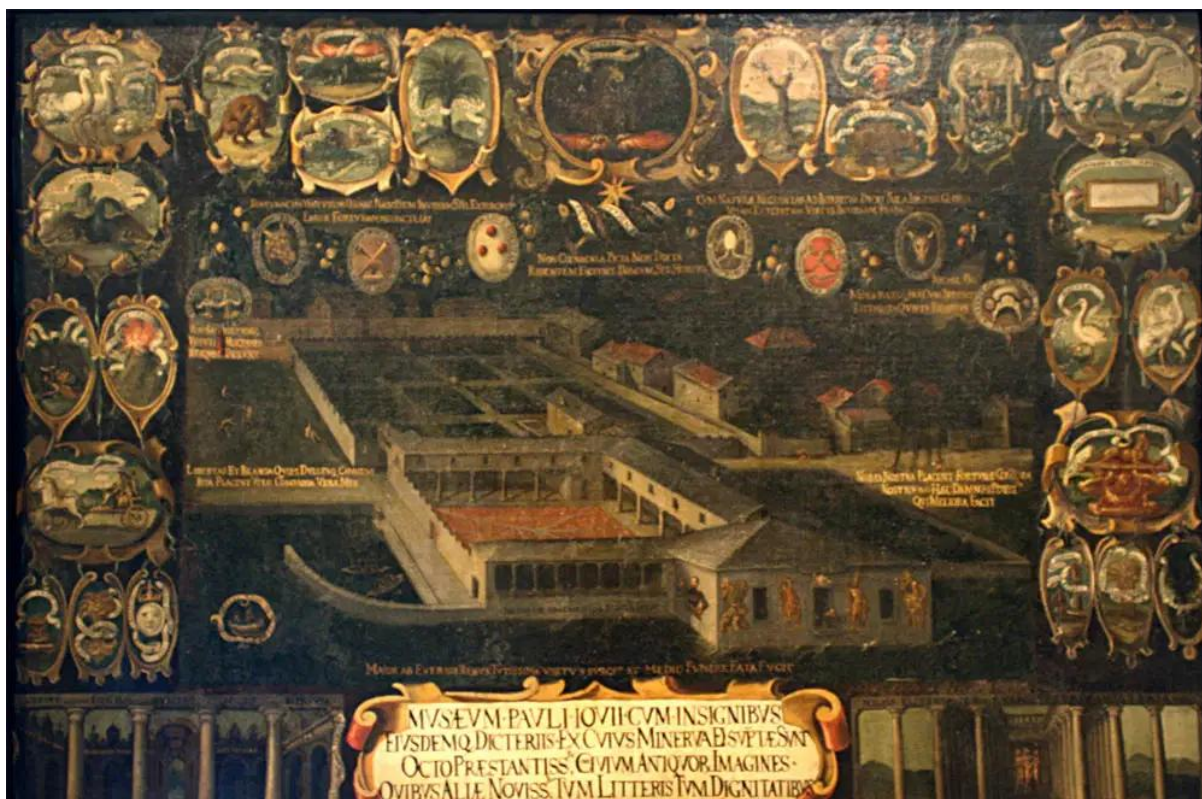


Le comptoir Général



Le comptoir Général

ANNEXE D : La villa de Paolo Giovio



Lombardia Beni Culturali