



TECHNOLOGIES IMMERSIVES

Quand le musée devient expérience

Sommaire du dossier

- p. 12 — Introduction
Le musée à l'ère de l'immersion
- p. 13 — La projection comme outil de médiation
Cité des sciences et de l'industrie
- p. 16 — Excurio Industrialise la VR culturelle
La réalité virtuelle au service des musées
- p. 17 — Concord Beacon sublime l'art
L'éclairage muséal nouvelle génération
- p. 18 — Le musée face aux enjeux de cybersécurité
Synology protège le patrimoine numérique

Projection immersive, réalité virtuelle, mapping vidéo, écrans interactifs, éclairage intelligent ou cybersécurité : les technologies réinventent les espaces muséaux et les outils de médiation culturelle. Entre innovation audiovisuelle, expérience immersive et valorisation patrimoniale, le musée devient un environnement interactif au service de nouveaux usages et de nouveaux publics.

Longtemps associé à la conservation et à la contemplation, le musée évolue aujourd'hui vers des formes de médiation plus immersives et interactives. Vidéoprojection, écrans dynamiques, spatialisation sonore, captation de mouvement, réalité virtuelle ou éclairage scénographique occupent désormais une place croissante dans les parcours culturels. Ces technologies ne remplacent pas les œuvres ni les contenus scientifiques, mais enrichissent les modes de narration et transforment l'expérience de visite. Cette évolution accompagne les nouvelles attentes du public. Habités aux usages numériques et aux environnements audiovisuels sophistiqués, les visiteurs recherchent des expériences sensibles, collectives et engageantes. Les institutions culturelles doivent ainsi concilier rigueur scientifique, accessibilité et attractivité. La muséographie contemporaine devient alors

un terrain de convergence entre scénographie, audiovisuel, informatique et réseaux.

L'immersion comme outil de médiation

Les technologies immersives ouvrent de nouvelles possibilités de transmission. À la Cité des sciences et de l'industrie, vidéoprojecteurs, capteurs de mouvement et dispositifs interactifs transforment le corps du visiteur en outil d'expression et d'interaction. Dans les expériences VR collectives développées par Excurio, les participants explorent des environnements historiques ou scientifiques reconstitués avec un haut niveau d'exactitude. L'image projetée, les écrans intégrés à la scénographie, le mapping vidéo ou la spatialisation sonore deviennent ainsi de véritables outils de médiation culturelle. La qualité de l'éclairage

Le musée évolue aujourd'hui vers des formes de médiation plus immersives et interactives

constitue également un enjeu essentiel. Les solutions LED de nouvelle génération cherchent à concilier restitution fidèle des couleurs, confort visuel et préservation des œuvres sensibles à la lumière. Derrière ces expériences se cache une infrastructure technique de plus en plus incontournable : réseaux IP, serveurs médias, traitement temps réel, stockage ou cybersécurité. Car le patrimoine culturel est désormais aussi numérique. Images, vidéos, contenus scénographiques et archives doivent être protégés face aux risques de perte ou de cyberattaque.

À travers ce dossier, Smart Intégrations Mag propose un panorama de cette muséographie technologique en pleine évolution, où audiovisuel, écrans, informatique et immersion participent à transformer les lieux culturels en espaces interactifs et connectés.

CITÉ DES SCIENCES ET DE L'INDUSTRIE



La projection comme outil de médiation

L'établissement de La Villette, acteur majeur de la médiation scientifique et technique en Europe, a pour mission de vulgariser toutes les connaissances auprès de tous les publics, en particulier les plus jeunes. La scénographie immersive de l'exposition « Danser » met en action ce « puissant vecteur de communication et d'expression » en s'appuyant sur la vidéo interactive.

Danser entraîne petits et grands dans une expérience collective, joyeuse, créative et spontanée. Puissant vecteur de communication et d'expression, la danse aide à découvrir son corps, à créer du lien social et explorer l'espace. Photo: DR

Le déploiement des vidéoprojecteurs sur les différents points d'animation repose sur une collaboration étroite entre les équipes internes de conception multimédia et le prestataire audiovisuel Videlio, en charge de l'installation et de la maintenance. Une régie technique interne assure par ailleurs une continuité opérationnelle en cas d'incident. Les choix matériels répondent à des contraintes multiples : diversité des espaces, forte luminosité ambiante due aux grandes surfaces vitrées, et configurations parfois atypiques en termes de distance de projection. Dans ce contexte, les projecteurs ViewSonic sont exploités dans une grande variété de modèles et configurations : projection frontale, rétroprojection, courtes et ultra-courtes focales. Cette flexibilité permet d'intégrer l'image au plus près des dispositifs interactifs, tout en optimisant l'encombrement et la discrétion des appareils. Les contraintes hors plage nominale

— notamment les distances non conventionnelles entre projecteur et surface de projection — constituent un véritable stress test pour les équipements, mettant en avant leur robustesse et leur capacité d'adaptation.

Capture de mouvement

L'exposition « Danser » illustre parfaitement un cas d'usage basé sur l'intégration de technologies immersives, combinant projection et interaction en temps réel. L'installation « Matière à danser » permet aux visiteurs de manipuler des lettres animées à l'écran, par le mouvement de leur corps. Ce dispositif repose sur le capteur de mouvement Azure Kinect développé par Microsoft, aujourd'hui commercialisé par Orbec. Initialement destinée au marché du jeu vidéo, cette technologie a trouvé un second souffle grâce à l'amélioration significative de ses capacités de tracking. Le traitement temps réel des mouvements s'opère sous

logiciels Unity et Max MSP (développé par Xavier Vielemans et Jean-Michel Couturier), exécuté sur un PC i7 Z790 (16 Go DDR5, carte graphique RTX4070Ti V2) préparé par Inovio. Le système traduit les mouvements des visiteurs en interactions visuelles dynamiques restituées en image par des projecteurs à ultra-courte focale, tels que le Viewsonic LS831WU, permettant un affichage à très faible distance, sans ombre portée. Avec une luminosité de 4500 lumens et une résolution WUXGA, ce modèle garantit une lisibilité optimale. Son évolution, la référence LS832WU, pousse les performances avec 5000 lumens et une durée de vie de la source atteignant 30000 heures. Ce projecteur est d'ailleurs déployé sur d'autres espaces de la Cité des Sciences. L'environnement sonore est assuré par des enceintes de monitoring Mackie MR824, assurant une restitution fidèle et immersive, essentielle pour renforcer l'expérience sensorielle globale.



La piste de danse est surplombée de vidéoprojecteurs ViewSonic, associés à des enceintes Mackie et à des capteurs Kinect, permettant aux participants d'interagir avec les images projetées en périphérie.

■ Mapping et spatialisation

Une autre application des projecteurs ViewSonic dans l'exposition « Danser » concerne le mapping vidéo. Dans l'espace circulaire « Bal », neuf projecteurs LS711HD sont déployés pour créer un environnement visuel continu grâce à des techniques d'edge blending (fusion de bord) et de warping (déformation de l'image). Cette configuration permet de transformer le pourtour du volume recevant les visiteurs en surface de projection immersive. Le mapping est piloté via le logiciel MadMapper, reconnu pour sa flexibilité dans les environnements créatifs, tandis que le rendu est géré par un media server développé par Viosio Anystation 12 sorties, garantissant la synchronisation et l'alignement précis des images. Un PC Shuttle synchronise les flux audiovisuels sous Visio 6 avec kit de calibration et player Exaplay 2. La diffusion audio utilise 9 Mackie MR824 avec caissons de basses Presonus Temblor T10 émules par carte son Behringer UMC 1820 sur PC.NUC Core i3. Le show control est orchestré par le logiciel Patchbay (SIP Conseil) mise au point pour l'exposition par Jean François Lemerrier. L'éclairage est piloté par contrôleur Phidget 1012 et multiplexeur numérique Sunlite-EC. L'ensemble de ces équipements est intégré dans des discrètes baies dissimulées mais accessible pour la maintenance. Cette approche illustre l'importance de l'ingénierie audiovisuelle dans la réussite des dispositifs immersifs : au-delà de la simple projection, il s'agit de concevoir une expérience cohérente, robuste et engageante.

Ainsi, l'intégration des solutions ViewSonic à la Cité des Sciences et de l'Industrie démontre comment les technologies de projection peuvent devenir des outils narratifs à part entière, au service de la médiation scientifique et de l'interaction.

Antoine Pélaprat

Jean-François Lemerrier
Ingénierie multimédia et audiovisuelle
Universcience

« Au sein d'Universcience, j'ai trois missions distinctes sur les expositions : ingénierie audiovisuelle et multimédia, développement informatique et coordination technique. Pour chaque exposition dont j'assure la conception technique, j'agis selon plusieurs contraintes : budgétaire, qualitative, maintenabilité, robustesse, cheminement et accessibilité. Pour « Danser », j'ai voulu garantir une haute qualité audio en privilégiant la bande passante et la neutralité du système de diffusion, pour un budget raisonnable. Une véritable gageure, compte tenu des lacunes d'isolation phonique et acoustique du lieu. Sur « Bal », en plus d'un positionnement précis des enceintes, l'ingénieur du son Thierry Bertomeu (Novapista) a fait un mixage in situ afin de garantir la meilleure fidélité possible de la bande son composée par Florian Sereau.

Cercles de danse

Dans « Cercles de danse », j'ai pallié l'absence de traitement acoustique grâce aux amplis 4 voies DSP 4x4 Mini Amp de marque The Tracks, réglés à l'aide du logiciel REW et d'un micro de mesure Dayton Audio EMM-6. La dimension visuelle et immersive de l'exposition repose en majorité sur des vidéoprojecteurs ViewSonic, lorsque les focales et la luminosité correspondaient aux besoins. C'est une marque que j'apprécie beaucoup, car, pour des budgets serrés, elle offre de nombreuses références avec une qualité de diffusion très correcte. L'ultra-courte focale LS832WU permet par exemple une belle surface de projection en espaces exigus, avec 5000 lumens, suffisant en environnement lumineux contrôlé et sur toile de projection ShowTex de qualité (fournie et posée par la société Edmond Petit après tests comparatifs).

Le Bal

Les surfaces de projection cylindriques de « Bal » et des « Cylindres de danse » sont traitées par logiciel Viosio 6, qui, grâce à une caméra GigE à objectif grand angle 185°, calibre automatiquement le mapping, les recouvrements, la colorimétrie et l'homogénéité des noirs. La lecture des vidéos en format HAP se fait sur Exaplay 2 de Viosio, piloté en OSC par le logiciel Patchway développé en interne. Afin de diriger les visiteurs vers le « Bal » toutes les 30 minutes, cet élément est synchronisé avec « Grand Saut » et « Cercles de danse » par le biais d'un réseau IP en UDP (User Datagram Protocol).

Cette approche illustre l'importance de l'ingénierie audiovisuelle dans la réussite des dispositifs immersifs

Quelques équipements déployés à la Cité des sciences et de l'industrie

ViewSonic

Le modèle LS711HD est un vidéoprojecteur d'installation à courte focale utilisant un laser de 3e génération et affichant une résolution de 1080p pour une luminosité



de 4200 lumens ANSI et un rapport de contraste élevé, obtenu grâce à un imageur DLP (TI) de 0,65 pouces Texas Instrument. La courte focale de 0,49 autorise une fusion parfaite des bords de deux images, avec une correction trapézoïdale horizontale et verticale, autorisant la projection à 360° et l'affichage en mode portrait.

Le vidéoprojecteur LS832WU est un modèle d'installation à focale ultra-courte, affichant au format WUXGA, grâce à une source lumi-



neuse laser au phosphore de 2e génération, assurant 30 000 heures de fonctionnement et produisant 5000 lumens. L'image peut couvrir un écran ultra-large jusqu'à 170 pouces, le réglage de trapèze horizontal et vertical offrant là aussi une plus grande flexibilité d'installation. L'appareil se connecte au réseau local pour assurer une gestion synchronisée entre appareils.

Digital Projection

L'E-Vision 5100 est un projecteur laser mono-DLP compact et puissant, dont la capacité d'installation



MultiAxis permet une orientation dans

presque toutes les positions. L'appareil est doté d'une optique fixe ultra courte et d'une multitude d'options de connectivité.

Viosio

L'Anystation Media est un serveur haute performance, tournant sous Exaplay ou d'autres solutions tierces, conçu pour les applications exigeantes, offrant une puissance de sortie et une grande flexibilité inégalées pour convenir aux configurations complexes. L'appareil peut servir une installation immersive totalisant jusqu'à 16 sorties WUXGA synchronisées, pour des applications en temps réel, et même des projections 8K sur dôme. La version Anystation HD offre jusqu'à 8 sorties en 4K pour murs vidéo et installations immersives.



MadMapper

Né d'une collaboration entre le studio d'installation français 1024 Architecture et les développeurs suisses GarageCube, MadMapper est un logiciel qui prend en charge des vidéos en haute résolution jusqu'à 16K, issues de plusieurs sorties affichant des parties distinctes de la composition. MadMapper comprend des fonctionnalités avancées, telles que l'étalonnage 3D, la numérisation de l'espace, la numérisation des LED, l'édition de shaders en direct, etc.



Azure Kinect DK

Microsoft et Orbbec Azure Kinect DK est un kit de développement et un périphérique



PC à capteurs d'intelligence artificielle pour la vision par ordinateur et les modèles vocaux. Il comprend une caméra RVB de 12 mégapixels, un autre capteur pour la profondeur de 1 mégapixel, un réseau de sept microphones à 360 degrés et un capteur d'orientation.

Mackie



Le modèle MR824 est une enceinte de proximité active comprenant un haut-parleur large bande de 8" et un tweeter de 1", tous deux amplifiés en classe A/B, et développant une puissance totale de 85 Watt. Sa réponse en fréquence va de 35 Hz à 20 kHz. Des filtres pour fréquences basses et aiguës sont ajustables.

IK Multimedia

the tracks DSP 4x4 Mini Amp sert à amplifier, mixer et lire les signaux provenant d'appareils audio, instruments de musique et microphones. Il dispose de 4 entrées et 4 sorties, et son processeur numérique de signal (DSP) opère des fonctions d'égaliseur, de filtrage, de retard, de limiteur et de gestion de gain.



Daheng Imaging

La caméra numérique industrielle compacte de la série Mercury 2 Pro est équipée d'un imageur CMOS Sony IMX304 pour une vision monochrome ou couleurs.

