

LA RÉALITÉ VIRTUELLE, UN OUTIL SCIENTIFIQUE AU SERVICE DU PATRIMOINE

par **Pierre-Henry Bas** et **Yann Coello**

Pierre-Henry Bas est historien et ingénieur de recherche, spécialiste du patrimoine matériel et immatériel. Il est en charge du pôle Numérisation 3D de la Fédération de recherche sciences et cultures du visuel (FRSCV) et chercheur associé à l'UMR 9028 HARTIS.
pierre-henry.bas@univ-lille.fr

Yann Coello est professeur à l'Université de Lille, spécialiste des processus neurocognitifs et membre de l'UMR 9193 SCALab. Il est directeur de la Fédération de recherche sciences et cultures du visuel (FR CNRS 2052 SCV).
yann.coello@univ-lille.fr

Souvent envisagée comme un outil de médiation spectaculaire, la réalité virtuelle s'impose aussi comme un instrument scientifique pour l'étude, la restitution et la transmission du patrimoine. À partir des travaux menés par la Fédération de recherche sciences et cultures du visuel, cet article montre comment les environnements immersifs permettent d'expérimenter des hypothèses de reconstitution, de documenter des sites disparus, de restituer des événements éphémères ou des patrimoines immatériels, tout en ouvrant de nouvelles perspectives pour les musées, la recherche et les futurs univers métaversiques.



DE LA MÉDIATION IMMERSIVE À L'OUTIL SCIENTIFIQUE

Une technologie désormais familière des musées

Depuis plusieurs années, la réalité virtuelle s'impose progressivement comme un outil incontournable dans le secteur culturel. De nombreux musées à travers le monde intègrent désormais cette technologie dans leurs parcours de visite afin de valoriser le patrimoine, enrichir l'expérience des visiteurs et rendre l'histoire plus accessible. La France a été pionnière dans ce domaine avec, par exemple, l'expérience *Mona Lisa: Beyond the Glass* au Musée du Louvre, qui permet aux visiteurs d'explorer *La Joconde* en immersion 3D, révélant des détails invisibles à l'œil nu et expliquant les techniques de Léonard de Vinci. Un autre exemple est l'expérience *Van Gogh's Palette*

du Musée d'Orsay, une expérience immersive qui plonge le visiteur dans l'univers créatif de Vincent Van Gogh et où les visiteurs peuvent explorer ses techniques picturales et interagir avec ses œuvres dans un environnement virtuel. Dans ce domaine, le Muséum national d'Histoire naturelle a créé un « Cabinet de réalité virtuelle » permanent permettant aux visiteurs d'explorer l'évolution des espèces et les liens entre les organismes vivants grâce à des visualisations immersives.

On trouve des exemples également à l'étranger, par exemple au Victoria and Albert Museum avec l'œuvre *Curious Alice*, qui transporte les visiteurs dans l'univers d'*Alice au pays des merveilles* grâce à une expérience immersive mêlant patrimoine, littérature et technologies numériques, ou encore au Tate Modern museum qui propose une reconstitution en réalité virtuelle de

Dispositif TORE
(*The Open Reality Experience*)
de la Fédération
de recherche sciences
et cultures du visuel
(FR CNRS 2052 SCV).

© FR-SCV

l’atelier parisien du peintre Amedeo Modigliani, permettant aux visiteurs de découvrir son environnement de travail tel qu’il existait il y a plus d’un siècle. Le Natural History Museum a aussi développé plusieurs expériences immersives, dont *Hold the World* avec le naturaliste David Attenborough et *Tutankhamun: Enter the Tomb*, qui permet d’explorer virtuellement la tombe du célèbre pharaon égyptien. Dans ce domaine, la Smithsonian Institution figure parmi les acteurs les plus avancés en matière de numérisation et de valorisation du patrimoine culturel. Grâce à des projets associant modélisation 3D, numérisation à haute résolution et technologies immersives, l’institution développe de nouveaux dispositifs permettant d’explorer virtuellement des collections, des expositions et des objets patrimoniaux. Ces initiatives contribuent à préserver la mémoire d’événements culturels éphémères tout en élargissant leur accessibilité auprès de publics internationaux. Plus largement, l’essor des expositions virtuelles témoigne d’une transformation profonde des pratiques de diffusion du patrimoine, en offrant des expériences de visite interactives qui dépassent les contraintes géographiques et temporelles des espaces muséaux traditionnels.

Reconstituer, conserver, expérimenter
La réalité virtuelle constitue un outil technologique avancé pour la recherche mais également pour la préservation et la diffusion du patrimoine culturel. En s’appuyant sur des techniques de numérisation 3D, de photogrammétrie et de modélisation numérique, elle permet de créer des représentations virtuelles précises de monuments, de sites archéologiques et d’objets patrimoniaux. Ces modèles numériques assurent une conservation durable des données culturelles, même lorsque les éléments physiques sont dégradés ou détruits. Par ailleurs, les environnements immersifs générés par la réalité virtuelle favorisent une médiation culturelle interactive en offrant aux utilisateurs une expérience de visite enrichie, intégrant des informations historiques, architecturales et scientifiques. Cette technologie contribue également à démocratiser l’accès au patrimoine grâce à des plateformes numériques accessibles à distance, tout en soutenant la recherche, la restauration et la valorisation des biens culturels. Cette tendance produit une profonde transformation des pratiques muséales à l’ère du numérique.



La réalité virtuelle représente un formidable outil d’inclusion. Certaines expériences permettent à des personnes à mobilité réduite ou éloignées géographiquement d’accéder virtuellement à des collections ou à des sites patrimoniaux.

La restitution visuelle est un processus intellectuel et technique qui consiste à redonner l’image d’un artefact ancien à l’aide d’outils graphiques traditionnels ou numériques (Raux *et al.*, 2021 ; Bellet *et al.*, 2005). Elle connaît, depuis les travaux précurseurs des années 1980 (Golvin, 1988), un succès croissant dans la recherche patrimoniale, stimulée notamment par l’amélioration constante des technologies informatiques 2D et 3D. La réalité virtuelle permet aux visiteurs de s’immerger dans des environnements reconstitués en trois dimensions grâce à un dispositif technologique qui offre la possibilité de « voyager dans le temps », de découvrir des monuments disparus ou encore d’explorer des sites archéologiques difficilement accessibles. Ainsi, les visiteurs ne se contentent plus d’observer des objets derrière une vitrine : ils deviennent acteurs de leur découverte. L’un des principaux avantages de la réalité virtuelle réside dans sa capacité à reconstituer des lieux ou des œuvres endommagés par le temps. Des cités antiques, des châteaux médiévaux ou encore des temples détruits peuvent être recréés avec un haut niveau de précision grâce aux données archéologiques et historiques disponibles. Ces reconstitutions permettent de mieux comprendre le contexte dans lequel vivaient les populations du passé et d’appréhender le patrimoine dans sa dimension originelle.

Les espaces culturels utilisent également la réalité virtuelle pour attirer de nouveaux publics, notamment les jeunes générations, souvent familières des technologies numériques. L’aspect immersif et interactif de la réalité virtuelle suscite la curiosité et favorise l’engagement des visiteurs. Cette approche contribue à rendre les contenus culturels plus attractifs tout en renforçant leur dimension pédagogique. Par ailleurs, la réalité virtuelle représente un formidable outil d’inclusion. Certaines expériences permettent à des personnes à mobilité réduite ou éloignées géographiquement d’accéder virtuellement à des collections ou à des sites patrimoniaux. Les musées développent par exemple de nouvelles formes de médiation culturelle capables de toucher un public plus large. La réalité virtuelle apparaît ainsi comme l’un des outils les plus prometteurs pour rapprocher le public du patrimoine culturel. En offrant des expériences immersives et interactives, elle contribue à renouveler le regard porté sur les œuvres, les monuments et les civilisations du passé, tout en préparant les institutions du patrimoine culturel aux défis de demain.

TORE, UNE INFRASTRUCTURE IMMERSIVE POUR LA RECHERCHE PATRIMONIALE

La Fédération de recherche sciences et cultures du visuel (FR CNRS 2052), localisée sur le site métropolitain EuraCreative de Lille, s’est récemment dotée d’un dispositif très performant de réalité virtuelle dénommé TORE (*The Open Reality Experience*). Ce dispositif constitue une plateforme immersive de réalité virtuelle de haute technologie (20 projecteurs de haute résolution spatiale et temporelle) dédiée à la recherche, à l’innovation et à la valorisation du patrimoine culturel (le dispositif comprend un cluster de calcul haute performance pouvant atteindre les 2 petaflops, c’est-à-dire 2 quadrillions d’opérations par seconde, en FP32). Sa spécificité réside dans son écran stéréoscopique de très grande dimension, courbé dans les deux directions et dépourvu d’arêtes visibles, permettant une visualisation continue des environnements virtuels sur un champ de vision de 180°. Cette architecture originale améliore l’immersion perceptive en maintenant une distance d’observation quasi constante

entre l’utilisateur et la surface de projection, tout en réduisant les ruptures visuelles présentes dans les dispositifs immersifs conventionnels. Associé à des systèmes avancés de suivi du mouvement, d’interaction en temps réel et d’analyse comportementale, le TORE permet l’étude de restitutions numériques de sites ou d’objets patrimoniaux complexes, ainsi que l’étude de l’impact perceptif, cognitif et émotionnel de l’immersion en réalité virtuelle sur divers publics.

RESTITUER LES LIEUX : SITES ANTIQUES, MARCHÉ MÉDIÉVAL, MONUMENTS EN RUINE

Plusieurs projets de la FR SCV portent sur la reconstitution architecturale de sites anciens en réalité virtuelle. Parmi ceux-ci, le projet *InCity* propose une reconstitution visuelle de la cité grecque Apollonia d’Illyrie (coordination N. Genis, UMR HARTIS en collaboration avec l’architecte Magali Huille), en particulier l’entrée dans la ville. Apollonia d’Illyrie est une ancienne cité grecque fondée au VII^e siècle av. J.–C. par des colons de Corinthe et de Corcyre sur la côte de l’actuelle Albanie (Genis, 2020). La cité devint rapidement l’un des principaux centres urbains et commerciaux de l’Adriatique orientale grâce à sa position stratégique entre le monde grec, les populations illyriennes et, plus tard, Rome. Le projet *InCity*, soutenu par l’École française d’Athènes, a pour ambition de concevoir une chaîne de traitement numérique intégrée permettant de passer des données archéologiques brutes à une reconstitution immersive d’une cité antique. Il vise à élaborer, de manière concomitante, une restitution architecturale et une reconstitution virtuelle 3D de l’entrée dans la ville d’Apollonia par la porte nord-est, afin d’aborder, par l’immersion, la question de la perception de la ville et la compréhension de l’urbanité. Les sources historiques viennent des traces écrites de l’Antiquité (en particulier Strabon, Aristote, Cicéron, Ptolémée, Appien d’Alexandrie, Suétone et Dion Cassius), auxquels s’ajoutent les données archéologiques issues des fouilles menées notamment par une équipe franco-albanaise depuis le début des années 1990. Au-delà de la production de modèles 3D, l’enjeu technique réside dans l’articulation entre



Restitution en réalité virtuelle de la porte d'entrée de la cité grecque Apollonia d'Illyrie VII^e siècle avant notre ère – IV^e siècle de notre ère.

© FR-SCV

acquisition de données, modélisation scientifique, visualisation en temps réel et analyse de l'expérience perceptive des utilisateurs. De manière concomitante, ce projet vise à faire de la réalité virtuelle un véritable outil de recherche pour l'étude des dynamiques urbaines anciennes et la valorisation du patrimoine archéologique. D'autres projets de reconstitution architecturale de sites anciens en réalité virtuelle sont en cours de développement : le projet *Recontext*, reconstitution de la tombe du Triclinium à Tarquinia permettant la recontextualisation numérique des textiles performatifs de l'Étrurie classique, V^e siècle av. notre ère (coordination A. Gouy, UMR HARTIS) ; le projet *Insula*, reconstitution de la place du marché de Lille, soit les actuelles Grand'Place et place du théâtre permettant de voir et d'entendre la ville lors d'un jour de marché, précisément le mercredi 12 juin 1448 (coordination P. Triplet, UMR HARTIS) ; ou encore le projet de reconstruction d'un monument en ruine (portail occidental de l'abbaye d'Arthous sur le site d'Hastings) à

partir de l'intégration de données multidimensionnelles dans une anastylose¹ virtuelle (coordination E. Baillieul et M. Beaud, UMR HARTIS, en collaboration avec l'entreprise Holusion).

RESTITUER LES ÉVÉNEMENTS :
EXPOSITIONS, DIPLOMATIE
ET PATRIMOINE ÉPHÉMÈRE

Whistler 1874 :
l'exposition comme œuvre d'art totale

D'autres projets concernent la restitution d'événements culturels majeurs du passé. Parmi ceux-ci, le projet *WEL* vise à créer une restitution numérique de l'exposition conçue par le peintre américain James McNeill Whistler à Londres en 1874, une semaine après la première exposition impressionniste à Paris (avril-mai 1874)² (coordination I. Enaud-Lechien, UMR HARTIS). L'ambition de Whistler était de proposer une approche muséographique nouvelle à même de sensibiliser ses contemporains à un art singulier, résolument en marge de celui présenté par les institutions. Les sources documentaires, variées, incluent le plan du bâtiment détruit lors de la Seconde Guerre mondiale, le catalogue d'exposition, des correspondances (en particulier celles associées à des documents juridiques échangés avec le propriétaire de la galerie), des articles de presse de l'époque ainsi que des écrits de l'artiste (Whistler, 1890). Cent œuvres (13 peintures à l'huile, 50 gravures, 36 dessins et un paravent) ont été exposées. Au regard des expositions d'alors, cette « mise en scène » de l'espace atteste de partis pris originaux et novateurs : des distances affirmées entre les œuvres permettant, selon le point d'observation, d'en favoriser l'expérience individualisée, une recherche d'harmonie chromatique entre les murs, les tableaux et leurs cadres ; un contrôle minutieux de l'éclairage, naturel comme artificiel, destiné à améliorer la réception des œuvres selon leurs conditions de découverte ; enfin, l'intégration d'objets décoratifs – mobilier, porcelaines, fleurs, etc. – concourant à recréer une



atmosphère s'approchant de l'ambiance de celle d'un intérieur domestique. L'objectif de Whistler était de proposer une exposition artistique conçue comme une œuvre d'art à part entière et pensée comme un tout cohérent, produisant une harmonie globale. Malgré certaines critiques, notamment dans la presse londonienne, cette approche a été jugée à l'époque comme extrêmement novatrice. En se situant à l'écart des modèles institutionnels

EN HAUT :

Projet *ExPaLon*, restitution de l'exposition de 1787 au Musée du Louvre, Salon Carré, Paris (à partir de Pietro Martini, dessinateur et graveur italien).

EN BAS :

Projet *WEL*, restitution de l'exposition Whistler de 1874 à Londres.

© FR-SCV

¹ L'anastylose est une méthode de restauration archéologique consistant à remonter un monument en réassemblant ses éléments d'origine, retrouvés sur place. Ici elle est entendue comme une méthode de restauration virtuelle basée sur le même principe d'utilisation d'éléments originaux.

² On peut mentionner ici l'expérience en réalité virtuelle *Un soir avec les impressionnistes. Paris 1874*, proposée au Musée d'Orsay du 26 mars au 11 août 2024, qui reconstitue l'inauguration de la première exposition impressionniste dans l'ancien atelier de Nadar (co-production Excurio, Gedeon Experiences et Musée d'Orsay). Si la démarche rejoint le projet *WEL* par son ambition de « faire revivre » une exposition du passé, elle s'en distingue par son cadrage prioritairement grand public et narratif, le projet *WEL* étant pour sa part orienté vers une finalité de recherche.

dominants, Whistler a élaboré une approche dont plusieurs principes demeurent au cœur des pratiques muséographiques actuelles. L’objectif de la restitution numérique est ainsi de permettre de revivre en réalité virtuelle l’exposition de 1874 aux dimensions de l’époque, mais aussi d’évaluer la cohérence entre les principes d’exposition prônés par l’artiste et la réalité de leur mise en

œuvre, tout en discutant les enjeux critiques d’une reconstruction 3D d’exposition. Un autre projet – ExPaLon18 (coordination G. Maës, UMR Hartis) – a porté sur les expositions du XVIII^e siècle (en particulier l’exposition de 1787 au Musée du Louvre), en s’intéressant plus particulièrement à la question de l’éclairage sur les œuvres d’art.



Restitution du Camp du Drap d’or : Pavillon de François I^{er} et Palais de cristal d’Henry VIII (versions de travail).

© FR-SCV-SATT Nord



Le Camp du Drap d’or : reconstruire un événement sans vestiges

Parmi les développements les plus ambitieux mis en œuvre par la FR SCV, on peut citer les projets portant sur la restitution des textiles anciens, en lien avec des événements historiques majeurs. Sur ce point, le projet de restitution *Camp du Drap d’or numérique* représente un vaste travail de développement et de recherche conduit sur plusieurs années par l’UMR HARTIS de l’Université de Lille (coordination I. Paresys). L’ambition du projet est de reconstituer virtuellement les infrastructures éphémères édifiées pour la rencontre diplomatique entre François I^{er} et Henry VIII au début du XVI^e siècle. Cette rencontre très festive des cours française et anglaise entre le 7 et le 24 juin 1520 est surtout connue pour le faste inédit qu’on y engagea (Russell, 1969 ; Knecht, 1996 ; Richardson, 2013). Dans la campagne et aux pieds de Guînes et Ardres, au sud de Calais, et parmi les centaines de tentes dressées pour accueillir près de 12 000 personnes, les deux monarques firent ériger à cette occasion des infrastructures monumentales et éphémères parmi lesquelles un « vrai-faux » palais carré de 100 m de côté percé de grandes fenêtres pour l’Anglais, et un grand pavillon de drap d’or de près de 17 m de haut pour le Français. L’utilisation abondante de matériaux de grand luxe, comme le verre ou le drap d’or qui donna son nom à l’entrevue, émerveilla les contemporains venus de toute l’Europe occidentale.

Le Camp du Drap d’or ne nous est plus connu aujourd’hui qu’à travers un corpus de sources écrites hétéroclites, ainsi qu’une unique représentation picturale anglaise postérieure, mais à la fiabilité largement discutée. Le projet *Camp du Drap d’or numérique* ambitionne ainsi de reconstruire virtuellement cet événement en partant des textes, faute de vestiges archéologiques et de traces iconographiques, dans une démarche historienne (Cundekovic, 2024). Les objectifs du projet sont multiples : redonner à ce fait historique une image scientifiquement fiable ; approfondir les connaissances sur la culture matérielle et visuelle des cours européennes de la Renaissance en contexte nomade et le génie technique et logistique qui les accompagne ; et enfin proposer un dispositif de visite immersive en temps réel de la rencontre.

RESTITUER LES GESTES : LA DANSE COMME PATRIMOINE IMMATÉRIEL

Du manuscrit au mouvement

Le patrimoine immatériel fait partie également des projets de numérisation 3D développés au sein de la FR SCV. C’est le cas du projet *Get-In-Past* (coordination P.-H. Bas, L. Panzani, UMR HARTIS, en collaboration avec G. Jablonka de la Compagnie de danse Divertimenty) qui vise à produire un démonstrateur inédit en réalité virtuelle permettant d’expérimenter numériquement les sources historiques de la danse du XVIII^e siècle, tout en démocratisant leur compréhension auprès de différents publics. Ce projet s’appuie sur l’étude d’un manuscrit rédigé par Auguste Ferrère, maître de ballet, à l’occasion d’une représentation donnée à Valenciennes en 1782³. Ce document constitue un témoignage exceptionnel, puisqu’il s’agit de la seule source connue décrivant l’intégralité des danses d’un ballet de la fin du XVIII^e siècle. Le projet s’est développé en plusieurs étapes. Dans un premier temps, afin de standardiser les données chorégraphiques du manuscrit et de permettre leur reconnaissance automatique par intelligence artificielle (*deep learning*), la partition de danse a été retranscrite en notation Beauchamp-Feuillet, un système d’écriture chorégraphique élaboré au début du XVIII^e siècle.

Les danses ont ensuite été interprétées par des danseurs professionnels équipés d’un dispositif de capture tridimensionnelle du mouvement. Parallèlement, la musique a été enregistrée par les élèves de la classe de musique ancienne du Conservatoire à rayonnement régional de Lille. Le croisement de ces différentes données a permis de générer des animations numériques mettant en scène jusqu’à huit danseurs virtuels en costume d’époque, reproduisant fidèlement une contredanse (danse collective complexe composée de quatre couples de danseurs jouant du tambourin), ainsi que les pas décrits dans le manuscrit. La retranscription des pas et de leurs enchaînements en notation Beauchamp-Feuillet est lisible sur support papier ou tablette tactile, et peut être reconnue et reproduite par des agents virtuels dans un environnement 3D, afin de mieux comprendre les principes de codification chorégraphique de l’époque.

3. Bibliothèque-musée de l’Opéra de Paris, Manuscrit RES-68.



Les métavers ouvrent la voie à de nouvelles formes d’interaction entre chercheurs, institutions patrimoniales et publics.

Une médiation sensible des savoirs chorégraphiques

L’ensemble de ces éléments a été intégré dans un environnement virtuel historiquement documenté, inspiré du théâtre de Valenciennes des années 1780, reconstitué à partir de plans postérieurs. Cette restitution immersive, visible dans le TORE ou en utilisant d’autres supports technologiques, associe reconstitution graphique et sonore, en tenant compte notamment des décors, des structures scéniques et de l’acoustique selon la position du spectateur dans la salle. Ainsi, ce projet permet de faire le lien entre patrimoine immatériel et gestuel technique, patrimoine matériel et histoire vivante, tout en développant de nouvelles formes de médiation culturelle. Grâce à l’usage de la réalité virtuelle et d’outils interactifs, il rend possible une appropriation sensible et pédagogique de ces savoirs complexes par des publics variés, qu’ils soient spécialistes, étudiants ou visiteurs non-initiés.

VERS LES MÉTAVERS PATRIMONIAUX

Les projets développés au sein de la FR SCV s’inscrivent dans une dynamique de recherche soutenue par les grands programmes nationaux de financement. Parmi eux, le PEPR Iccare occupe une place centrale. Piloté par le CNRS dans le cadre du plan France 2030, ce programme vise à renforcer les collaborations entre les sciences humaines et sociales, les sciences informatiques et les acteurs des industries culturelles et créatives. Il constitue ainsi un cadre structurant pour le développement

de projets interdisciplinaires associant recherche, innovation et valorisation culturelle. Le programme soutient le développement de nouvelles méthodes, outils et infrastructures de recherche dédiés à la création, à la médiation, à la conservation et à la valorisation du patrimoine culturel. En favorisant les collaborations entre laboratoires, institutions patrimoniales et entreprises, le PEPR Iccare contribue à l’émergence d’innovations scientifiques et technologiques répondant aux enjeux contemporains de la numérisation, de l’immersion et de la transmission des patrimoines matériels et immatériels. Au sein de ce programme, la FR SCV accueille le projet ciblé sur le métavers intitulé *Comet* (Conceptions et usages des univers métaversiques). Ce projet explore les nouvelles formes d’interaction, de création et de collaboration rendues possibles par les environnements virtuels immersifs, avec des applications dans le champ du patrimoine culturel au sein de collaborations avec les musées. Le projet s’intéresse notamment aux technologies d’interopérabilité et de calcul, à la production de contenus multi-sensoriels, aux dispositifs d’interaction naturelle, aux agents virtuels intelligents ainsi qu’aux transformations cognitives, affectives et comportementales induites par ces environnements immersifs (Coello, 2024). Au-delà des enjeux technologiques, le projet Comet intègre une réflexion sur les dimensions éthiques, réglementaires, environnementales et sociétales des métavers afin d’en promouvoir un développement durable, inclusif et responsable, qui s’inscrit également dans les grands programmes de recherche européens (Horizon Europe, Creative Europe, European Partnership for Resilient Cultural Heritage, etc.).

En conclusion, les projets portés par la FR SCV et les laboratoires partenaires témoignent de la place désormais centrale qu’occupe la réalité virtuelle dans la recherche sur le patrimoine culturel. Bien au-delà de sa fonction de médiation, elle s’affirme comme un véritable outil scientifique permettant de documenter, restituer et expérimenter des environnements patrimoniaux complexes. En mobilisant conjointement l’histoire, l’archéologie, les sciences du numérique et les sciences cognitives, ces approches immersives ouvrent de nouvelles perspectives pour l’étude des sociétés actuelles et passées, l’analyse des comportements humains et la transmission des connaissances.

Ces avancées s’accompagnent néanmoins de défis importants. La pérennisation des infrastructures technologiques, les coûts de développement et de maintenance, l’interopérabilité des données, ainsi que la traçabilité des choix de restitution constituent des enjeux majeurs pour les années à venir. Plus largement, le développement de ces technologies invite à repenser les méthodes de production, de partage et de validation des connaissances au sein des environnements numériques, au niveau national comme au niveau européen. Dans cette dynamique, l’émergence des métavers constitue une évolution significative des technologies immersives. En proposant des espaces virtuels persistants, collaboratifs et interconnectés, ces environnements ouvrent la voie à de nouvelles formes d’interaction entre chercheurs, ingénieurs et institutions patrimoniales et publics. Ils offrent la possibilité de concevoir des patrimoines numériques partagés, accessibles à distance et enrichis en temps réel par des données scientifiques, favorisant ainsi de nouvelles pratiques de recherche, de médiation et de co-construction des savoirs (métavers des musées par exemple). Soutenus par de grands programmes nationaux tels que le PEPR Iccare et par des infrastructures de recherche dédiées comme celles de la FR SCV (membre de l’Infratructure nationale Continuum), les travaux consacrés aux conceptions et usages des univers métaversiques illustrent l’importance croissante de ces questions pour l’avenir de la recherche et des industries culturelles et créatives. À l’interface des sciences humaines, des sciences cognitives et des technologies numériques, la réalité virtuelle et les univers métaversiques apparaissent ainsi comme des leviers majeurs de transformation des pratiques scientifiques et patrimoniales. En renouvelant les modalités d’étude, de conservation et de diffusion du patrimoine culturel, ils contribuent à l’émergence de nouvelles formes d’accès aux connaissances et à la construction d’une mémoire collective enrichie par les possibilités offertes par les environnements immersifs de demain. ■

REMERCIEMENTS

Les projets mentionnés ont bénéficié d’un soutien de la Fédération de recherche sciences et cultures du visuel (FR CNRS 2052 SCV) et du CPER Enhance de la Région Hauts-de-France. Ils ont bénéficié d’une aide de l’État gérée par l’Agence nationale de la recherche au titre de France 2030 concernant le Programme d’accélération PEPR Iccare sous la référence ANR-23-PEIC-0007 et le Programme d’investissements d’avenir (PIA) Equipex Continuum sous la référence ANR-21-ESRE-0030. La FR SCV est soutenue par le CNRS, l’Université de Lille et la Métropole européenne de Lille (MEL).

BIBLIOGRAPHIE

- BELLET M.-E. *et al.*, *De la restitution en archéologie*, Paris : Éditions du Patrimoine / Centre des monuments nationaux, 2005.
- COELLO Y., *Corps, cerveau et processus mentaux : les fondements sensorimoteurs de la cognition*, Paris : Dunod, 2024.
- CUNDEKOVIC J., « Restituer le grand pavillon de François I^{er} au Camp du drap d’or : entre techniques d’hier et d’aujourd’hui », *Artefact*, n° 20, 2024. En ligne : <http://journals.openedition.org/artefact/15410>
- GENIS N., *Le rempart d’Apollonia d’Illyrie. Archéologie, architecture et histoire*, mémoire inédit remis à l’Académie des inscriptions et belles-lettres, 2020.
- GOLVIN J.-C., « Quelques travaux récents du Centre franco-égyptien de Karnak », *Comptes rendus de l’Académie des inscriptions et belles-lettres*, 1988.
- McNEILL WHISTLER J., *The Gentle Art of Making Enemies*, New York : F. Stokes & Brothers, 1890.
- PARESYS I. & CUNDEKOVIC J., « Le Camp du Drap d’or numérique », dans S. Curveiller, P. Butel & G. Beauvillain (éds.), *Le Camp du Drap d’or. Commémoration du 1/2 millénaire de l’Entrevue. XII^e colloque historique des Pays du Calaisis, Calais : Les colloques historiques des Pays du Calaisis / Les Amis du Vieux Calais*, coll. Bulletin historique et artistique du Calaisis, 2024.
- RAUX S. *et al.*, *Watteau, Gersaint et le pont Notre-Dame à Paris au temps des Lumières. Les enjeux d’une restitution numérique*, Villeneuve-d’Ascq : Presses universitaires du Septentrion, 2021.
- RICHARDSON G., *The Field of Cloth of Gold*, New Haven / Londres : Yale University Press, 2013.
- RUSSELL J., *The Field of Cloth of Gold*, Londres : Routledge & Kegan Paul, 1969.