

ARTS, PATRIMOINE ET NOUVELLES TECHNOLOGIES : INNOVATIONS ET PERSPECTIVES

Anne-Catherine Robert-Hauglustaine

Membre de l'Académie des technologies

Séance du 13 décembre 2023

Résumé

L'irruption de l'intelligence artificielle dans le monde de l'art provoque de nombreuses controverses, par exemple lorsqu'un tableau gagne un prix dans un concours alors que le jury ignorait qu'il n'avait pas été réalisé par un artiste, mais par un ordinateur. En revanche, la conception du *Next Rembrandt*, c'est-à-dire de l'œuvre que Rembrandt aurait pu représenter après la dernière de sa carrière, pilotée par un comité d'experts s'appuyant également sur l'intelligence artificielle a suscité l'admiration générale. Dans tous les cas se pose la question du droit d'auteur sur l'œuvre.

Au-delà de son utilisation pour la création artistique, l'IA offre de nombreuses opportunités pour le monde de l'art et du patrimoine, qu'il s'agisse, par exemple, de contribuer à l'identification des objets archéologiques, de débusquer des faussaires, ou encore de faire revivre des voix et des images pour animer une exposition. Au musée Guimet, elle est utilisée pour tenter d'indexer de façon optimisée un corpus de 20 000 photos anciennes du Japon, en identifiant les lieux, architectures, décors, types de scènes, costumes, accessoires et modèles présents sur ces images.

Quant au musée de l'Armée, il a mobilisé les arts numériques pour mettre en valeur le Dôme des Invalides après sa restauration complète. La numérisation et la modélisation intégrale des 3 500 mètres carrés du Dôme ont permis de créer une expérience immersive mêlant lumière, images, sons et effets spéciaux, qui touche un public plus large que celui s'intéressant habituellement à l'architecture du XVII^e siècle ou à l'histoire de France.

Intervenants

Solenne Blanc

Directrice générale de Beaux Arts & Cie

Édouard de Saint-Ours

Conservateur des collections photographiques
du musée Guimet

Christopher Kermorvant

Président fondateur de Teklia

Ariane James-Sarazin

Conservatrice générale du musée Camondo, MAD
et ex-directrice adjointe du musée de l'Armée

Sommaire

Introduction	2
IA, réalité virtuelle ou augmentée : comment l'expérience culturelle et artistique se réinvente	2
Indexation, analyse et mise en valeur du patrimoine photographique par l'IA : le projet HikarIA et la photographie ancienne au Japon	4
Expérience d'Aura Invalides : les arts numériques au service de la valorisation et de la préservation du patrimoine	6
Débats	8



Introduction

Anne-Catherine Robert-Hauglustaine

À l'issue de la séance de janvier 2023 sur les cryptomonnaies et les NFT (*non fungible token*, ou jetons cryptographiques uniques et indivisibles représentant un actif numérique, en l'occurrence une œuvre d'art), nous avons envisagé d'organiser une nouvelle séance entièrement dédiée aux NFT, mais il est apparu rapidement que ce sujet n'était plus d'actualité. J'ai donc proposé au comité des travaux de consacrer une séance à l'impact des nouvelles technologies, en particulier l'intelligence artificielle et la réalité virtuelle, sur l'art et le patrimoine.

En septembre 2022, le tableau *Théâtre d'Opéra spatial*, généré par Jason Allen à l'aide de l'application d'intelligence artificielle Midjourney et présenté à un concours d'art dans le Colorado, a été récompensé par un prix dans la catégorie Arts numériques / photographie manipulée numériquement. Cette décision a provoqué de nombreuses controverses, car le jury croyait primer un artiste et non une machine. À côté de ce que l'IA pourrait éventuellement enlever aux artistes, elle représente cependant aussi une chance pour de nombreux domaines de l'art et du patrimoine. Nous allons en évoquer quelques-uns avec nos invités.



IA, réalité virtuelle ou augmentée : comment l'expérience culturelle et artistique se réinvente

Solenne Blanc

Directrice générale de Beaux Arts & Cie

Je ne suis pas une experte des nouvelles technologies mais je m'intéresse beaucoup à toutes celles qui peuvent bouleverser ou faire évoluer le secteur de l'art et de la culture, et ce à deux titres : d'abord en tant que Directrice générale de Beaux Arts & Cie qui, outre la publication de Beaux Arts Magazine et du *Quotidien de l'Art*, destiné aux professionnels, organise également des conférences et des salons professionnels ; ensuite, en tant que dirigeante du fonds ArtNova, maison mère de Beaux Arts & Cie, qui investit dans les industries culturelles et créatives.

Art et technologies, une vieille histoire

Le lien entre art et technologie est très ancien. Des préhistoriens, par exemple, ont estimé que certaines pointes solutréennes étaient manifestement trop fines et fragiles pour avoir pu servir d'outils, et qu'il s'agissait plutôt d'objets de prestige, et donc d'œuvres d'art. En 1784, la présentation d'un automate, la Joueuse de Tympanon, a fait sensation à Versailles : cette première forme de robot suscite de l'étonnement, de l'émotion et aussi un peu d'angoisse. En 1895, les frères Lumière tournent un film représentant une scène quotidienne assez anodine, la sortie de l'usine Lumière à Lyon. Il s'agit avant tout d'un objet documentaire mais, plus tard, des artistes s'empareront de cette technologie pour en faire un outil de création, aussi révolutionnaire que l'a été la photographie en son temps.

L'IA au service de la création artistique - ou à son détriment?

Notre rédacteur en chef, Fabrice Bousteau, a organisé en 2017, à la Fondation EDF, une exposition intitulée, avec une petite pointe d'ironie, *la.belle.vie.numérique!*, dans laquelle on trouvait, entre autres, un piano mécanique qui analysait le karma des visiteurs et créait des œuvres personnalisées.

Dans le cadre de cette exposition était également présentée l'œuvre *The Next Rembrandt*, initiée par un collectif néerlandais réunissant des développeurs, des data analysts, des artistes, des historiens de l'art, autour d'une question : «*Si Rembrandt avait peint une œuvre de plus, quel personnage aurait-il représenté?*». À partir d'une étude approfondie de l'œuvre de cet artiste, des algorithmes ont conçu le portrait d'un homme âgé de 30 à 40 ans, dans une posture et avec des vêtements caractéristiques des tableaux de Rembrandt, en recourant aux techniques de clair-obscur, de relief et de *sfumato* habituelles chez lui, et en reproduisant jusqu'à ses coups de pinceau ou la texture de la peinture. L'œuvre, élaborée en plusieurs couches par une imprimante 3D, a remporté de nombreux prix.

En 2018, le Centre Pompidou a organisé l'exposition *Artistes et robots*, dans laquelle une trentaine d'artistes présentaient des œuvres fabriquées par des machines ou par l'intelligence artificielle.

La même année, trois Français, regroupés sous le nom de Collectif Obvious, ont produit une toile générée par l'IA, *Edmond Bellamy*, et l'ont vendue sur eBay au prix de 10 000 euros. Cette toile a ensuite été adjugée chez Christie's à 380 000 euros, ce qui a également suscité de nombreuses polémiques.

En juin 2023, Fabrice Bousteau, nourri de toutes ces expériences et débats, a recouru à Midjourney pour composer la Une d'un numéro de *Beaux Arts Magazine* intitulé «*Comment l'IA bouleverse l'art*». Le *prompt* initial de Fabrice Bousteau, qui ne se considère pas comme un artiste et n'a aucune velléité de le devenir, demandait «*un tableau de Jérôme Bosch joyeux, surréaliste et drôle*». La première proposition fournie par Midjourney ne lui ayant pas paru satisfaisante, il a opéré une quinzaine d'itérations en affinant le *prompt* et en sélectionnant des images dont il demandait à l'algorithme de s'inspirer. Le résultat final a été très apprécié des lecteurs et a remporté un prix de l'Innovation presse au salon Presse au futur. Il soulève néanmoins de nombreuses questions, notamment autour du droit d'auteur. Qui, en définitive, est l'auteur de cette œuvre : Fabrice Bousteau, en raison de sa demande initiale et de ses nombreuses interventions au cours de la réalisation? Midjourney, qui a fabriqué l'image? Jérôme Bosch, dont l'iconographie a directement inspiré cette œuvre?

Opportunités et risques pour le monde de l'art

Dans ce numéro de *Beaux Arts* dédié à l'intelligence artificielle, nous avons exploré les grandes opportunités que celle-ci offre à l'art et au patrimoine. Elle peut faciliter la restauration des œuvres d'art, en aidant à retrouver leur origine, voire à recréer certains éléments manquants; contribuer à l'identification des objets archéologiques; affiner la cotation d'un artiste en recensant l'ensemble de ses œuvres à travers le monde, les expositions dont il a fait l'objet, les mentions de l'artiste dans la presse (ce qui peut être utile aussi bien aux collectionneurs et aux musées qu'aux compagnies d'assurance); débusquer les faussaires, avec un taux de certitude supérieur à celui des experts; concevoir une exposition à partir de l'exploitation des œuvres numérisées d'un musée ou de Google Arts & Culture, comme cela a été expérimenté au musée Barbican de Londres, en 2019; faciliter la création architecturale et le design; faire revivre des voix ou des images; animer une visite de musée grâce à la réalité virtuelle, etc.

Du côté des risques, on pense évidemment aux images *deep fake*, et aux *fake news* en général. Pour rédiger son éditorial, Fabrice Bousteau a demandé à ChatGPT d'écrire sa biographie. Le résultat comportait de nombreuses erreurs, comme l'assertion selon laquelle il aurait été curateur au MoMA de New York. Il a demandé à ChatGPT de corriger cette erreur, mais le deuxième document comportait de nouvelles fausses informations.

Réalité virtuelle et augmentée

Avec ArtNova, nous investissons beaucoup dans la réalité virtuelle et la réalité augmentée. Nous avons ainsi pris une participation, aux côtés de Bpifrance et de l'industriel HTC, dans la startup Emissive, qui propose des expéditions immersives ultra réalistes. Les visiteurs, équipés de casques de réalité virtuelle, sont propulsés au cœur du patrimoine, d'une époque, d'une œuvre ou d'un monument.

Cette offre permet de toucher de nouveaux publics, pas forcément familiers des musées, et de convoquer l'émotion, ce qui permet une meilleure appropriation des connaissances que la lecture de cartels dans une exposition classique. Pour réaliser ces expéditions immersives, Emissive s'appuie sur les meilleurs experts, que ce soit pour *L'horizon de Kheops*, développée avec un égyptologue de Harvard, et présentée à Shanghai et à New York; *Éternelle Notre-Dame*, conçue avec l'aide de l'établissement public en charge de la restauration de la cathédrale, et présentée sous le parvis de cette dernière; ou encore, plus récemment, *Mondes disparus*, une création dédiée aux origines de la vie et produite avec les scientifiques du Muséum national d'histoire naturelle.

Nous avons également investi dans la réhabilitation du Hangar Y, situé à Meudon. Ce bâtiment a été créé à partir de portiques métalliques de la galerie des machines de l'Exposition universelle de 1879 et, en 1884, a accueilli le premier vol mondial d'un dirigeable en circuit fermé. En 1921, il a été transformé en musée de l'Air et de l'Espace pour mettre en avant le triomphe militaire de la France. En 1981, après le départ du musée pour Le Bourget, il ferme ses portes au public et reste inexploité pendant quarante ans. Souhaitant investir ce lieu mythique, nous avons signé un BEAV (bail emphytéotique administratif de valorisation) de 35 ans avec l'État et nous avons pu rouvrir le Hangar Y au public en 2023, après sa rénovation.

Afin de mettre en valeur son histoire, nous avons travaillé avec la société Realcast, dans laquelle nous avons également une participation, pour créer une expérience de deux fois 20 minutes de réalité augmentée baptisée *L'Épopée du Hangar Y*. Les visiteurs sont munis de casques à travers lesquels ils voient le bâtiment autour d'eux mais découvrent aussi son évolution au fil du temps, guidés par un personnage virtuel inspiré d'un personnage historique, le Colonel Renard. Au fil de la visite, ils participent, par exemple, au premier vol d'essai du dirigeable, et contribuent à éteindre un départ de feu. C'est une façon de découvrir l'histoire du Hangar Y beaucoup plus vivante et marquante qu'une visite classique.

Enfin, nous avons également participé à l'opération Aura Invalides, qui va vous être présentée par Ariane James-Sarazin.

Quel futur pour l'art en 2063?

À l'occasion des quarante ans de *Beaux Arts Magazine*, plutôt que de nous livrer à une rétrospective, nous avons fait le choix de nous projeter dans l'avenir et nous avons demandé à des écrivains, des dessinateurs, des artistes, des architectes, des designers, des curateurs, d'imaginer ce que pourrait être le futur de l'art, dans quarante ans. Ils ont évoqué, bien sûr, l'impact des nouvelles technologies (intelligence artificielle, ordinateur quantique...), mais aussi les enjeux sociétaux, comme l'esthétisation généralisée de la société ou les enjeux du développement durable, et se sont également interrogés sur la possibilité, pour un artiste, de devenir « éternel » grâce à l'ordinateur quantique - ce qui nous renvoie à l'expérience *The Next Rembrandt*.

Je laisserai le dernier mot à Jean Tinguely, le créateur des Méta-Matics ou « machines à dessiner », selon qui « *La technique n'est rien, le rêve est tout.* »



Indexation, analyse et mise en valeur du patrimoine photographique par l'IA : le projet HikarIA et la photographie ancienne au Japon

Édouard de Saint-Ours
et Christopher Kermorvant

Exposé de Édouard de Saint-Ours – Conservateur des collections photographiques du musée Guimet

HikarIA, un projet de recherche à l'intersection entre histoire de l'art et intelligence artificielle, qui vient de débiter et durera trois ans, repose sur un partenariat entre le musée national des arts asiatiques Guimet et la société Teklia, dirigée par Christopher Kermorvant. Ce projet a bénéficié d'un financement par la Caisse des Dépôts dans le cadre du programme France 2030, et plus précisément du volet Numérisation de l'architecture et du patrimoine. Ses trois objectifs sont la préservation de la collection Dubois, un fonds exceptionnel de photographies anciennes du Japon, conservé au musée Guimet ; le développement de nouveaux outils pour la recherche en histoire de l'art à partir de l'indexation optimisée de photographies anciennes par l'intelligence artificielle ; et enfin l'enrichissement des connaissances historiques sur les débuts de la photographie au Japon, plus particulièrement pendant les périodes Bakumatsu et Meiji, qui vont de 1853 à 1912.

Les trois phases du projet

La collection Dubois, constituée par le docteur Joseph Dubois à partir des années 1970 et acquise, en 2007, par le musée Guimet, grâce à la participation du Fonds du Patrimoine, comprend près de 19 000 photographies anciennes du Japon, montées, pour la plupart, sur les pages de 284 albums. Une petite partie de cette collection a déjà fait l'objet de campagnes de restauration, de numérisation et de publication, notamment grâce à un partenariat avec l'Université de Nagasaki et un mécénat de la fondation franco-japonaise Sasakawa.

Le projet HikarIA portera sur l'ensemble de la collection ainsi que sur environ 2 000 photos de même type que possédait déjà le musée.

Les fichiers images ainsi que les métadonnées produites pendant la phase de numérisation et d'indexation, réalisée par un partenaire, seront confiées à la société Teklia. Celle-ci mobilisera les données pour entraîner des modèles informatiques (algorithmes d'apprentissage profond) à identifier les éléments présents sur les photos : lieux, architectures, décors de studios, types de scènes, costumes, accessoires... La reconnaissance faciale permettra peut-être même d'identifier des modèles ayant posé plusieurs fois, parfois pour des photographes différents. Teklia développera ensuite une plateforme d'exploration du corpus en ligne, accessible gratuitement, sur laquelle les métadonnées générées pendant la phase précédente seront mises à la disposition du public et où il sera possible d'interroger le corpus à l'aide de différentes interfaces.

La troisième et dernière phase du projet consistera à proposer à des chercheurs associés au musée Guimet d'approfondir leurs recherches sur l'histoire de la photographie au Japon grâce à ce fonds. Peut-être pourront-ils, par exemple, mieux comprendre l'économie des studios de photographie à cette époque, décrire l'évolution esthétique de ces productions, ou encore reconstituer la circulation des modèles d'un studio à l'autre, voire celle des peintres qui retouchaient les photos. Ces nouveaux éléments alimenteront une réflexion plus large sur la diffusion des images et les influences mutuelles entre l'Europe et l'Asie de l'Est au XIX^e siècle, et aussi sur la naissance des stéréotypes occidentaux sur le Japon, en partie suscités par ce type de photographies commerciales, qui ont beaucoup circulé pendant l'âge d'or du japonisme en Europe, entre 1850 et 1912. À l'issue de ces travaux, nous espérons pouvoir organiser une exposition, avec un catalogue et une publication en ligne multilingue, notamment traduite en japonais.

Des défis méthodologiques

Pour mener à bien ce projet, nous devons relever plusieurs défis méthodologiques. Le premier est celui de la représentativité du corpus. Même si les collections du musée Guimet sont très importantes, elles ne peuvent pas, à elles seules, représenter soixante-dix ans d'histoire de la photographie au Japon. Nous espérons donc, grâce au protocole IIIF (*International Image Interoperability Framework*), pouvoir agréger à notre corpus les collections d'autres institutions, et notamment celles de différents musées et archives au Japon.

Un deuxième défi est l'accessibilité de la plateforme, et notamment son accessibilité linguistique, car les modèles de vision par ordinateur sont entraînés sur des corpus d'images contemporaines, essentiellement occidentales,

avec des vocabulaires contrôlés qui ne sont généralement pas adaptés à la description d'images historiques et rarement capables de nommer avec précision des artefacts culturels d'Asie de l'Est. Nous souhaitons donc développer, avec l'aide d'historiens et de traducteurs, un vocabulaire trilingue adapté à la culture japonaise des périodes Bakumatsu et Meiji.

Enfin, nous devons tenir compte de l'artificialité de cette production photographique, qui met en scène le Japon traditionnel à une époque où celui-ci est en train de disparaître, à destination de clients essentiellement étrangers. Il faut se garder de considérer cette iconographie comme une illustration de la culture japonaise de cette période, et l'interpréter plutôt comme une interface culturelle entre le Japon et l'Occident, qui reflète plutôt des stéréotypes que la réalité de la vie au Japon à cette période.

Exposé de Christopher Kermorvan – Président fondateur de Teklia

Une première expérimentation

Nous ne sommes qu'au début du projet mais je vais néanmoins vous présenter les résultats d'une première expérimentation réalisée à l'aide de deux modèles d'intelligence artificielle open source, LLaVA (*Large Language and Vision Assistant*) et Grounding DINO. L'objectif était d'observer la façon dont ces modèles, entraînés sur des corpus de plusieurs milliards de photos tirées du web (presse, blogs, réseaux sociaux...), « voient » les photographies japonaises du XIX^e siècle.

Le modèle LLaVA a été mis au point par un consortium comprenant Microsoft et des universités américaines. Lorsqu'on lui soumet une image accompagnée d'une question, il génère du texte répondant à ces deux entrées. L'intérêt de ce modèle est la grande flexibilité du texte généré, en fonction de la demande. Je lui ai soumis une image représentant un groupe de dix personnes en lui précisant qu'il s'agissait d'une photographie japonaise du XIX^e siècle et en lui demandant de la décrire. Voici le début de sa réponse : « *The image is a black and white photograph of a group of people, possibly samurai, gathered around a map. They are dressed in traditional Japanese clothing, with some of them wearing kimonos. The group consists of at least nine individuals, with some standing and others sitting on the ground.* » La mention des « samurai » est sans doute liée au fait que j'ai précisé qu'il s'agissait d'une photo japonaise. En retirant cette mention, le modèle indique qu'il s'agit peut-être de moines. De même, il indique que certains personnages portent des kimonos, un terme peu spécifique et assez connu. J'ai été étonné qu'il souligne la présence d'une carte, que je n'avais pas identifiée.

Je lui ai ensuite demandé de lister les objets présents sur cette image, en lui rappelant qu'il s'agissait d'une photographie japonaise du XIX^e siècle, et il a fourni la liste suivante : « *Map, umbrella, sword, hat, robe, bow, and a group of people.* » La photo ne comporte pas de parapluie, mais seulement des sabres, et les « chapeaux » sont des coiffures traditionnelles masculines en forme de chignon. À ces deux éléments près, la liste est exacte. Certaines images du corpus ont déjà été indexées manuellement et, en comparant les listes, nous pourrions évaluer assez précisément la capacité du modèle à identifier les objets et, surtout, le taux d'« hallucinations », c'est-à-dire de mots-clés ne correspondant à aucun objet présent sur l'image.

Le modèle Grounding DINO est théoriquement capable de localiser, extraire et désigner n'importe quel objet sur une photographie. Je lui ai soumis la même photo et demandé d'identifier les sabres, ce qu'il a parfaitement effectué, y compris en signalant un sabre dont seul le manche apparaissait. Sur une autre photo, il a échoué, en revanche, à localiser un *shamisen*, ce terme désignant une sorte de guitare japonaise. Faute de mieux, il a appelé *shamisen* chacune des quatre personnes qui figuraient sur la photo ! Lorsque je lui ai fourni davantage de contexte (« *A fue is a Japanese flute. A shamisen is a Japanese guitar. A taiko is a Japanese drum* ») et que je lui ai demandé quel instrument était représenté sur la photo, il a su répondre qu'il s'agissait d'un *shamisen*. Des explications aussi sommaires ne permettent cependant pas de lever toutes les ambiguïtés : le modèle a ensuite identifié comme un *shamisen* un autre instrument à cordes, le *koto*, qui est une longue cithare sans manche.

Le fait que ces modèles utilisent un vocabulaire anglais et contemporain constitue une contrainte importante, qui nous obligera à trouver des astuces pour analyser correctement ces images japonaises et anciennes. Comme il sera difficile d'indiquer, dans chaque prompt, la définition des 5 000 mots japonais susceptibles d'être utilisés pour décrire les photos, nous devons probablement constituer un thesaurus qui ne sera pas seulement la traduction de chaque mot dans les différentes langues, mais inclura une définition des mots. Procéder de cette façon sera cependant beaucoup plus rapide que si nous devions repartir d'une feuille blanche. Au fur et à mesure de la démarche, les algorithmes continueront d'apprendre du vocabulaire et de progresser.

Se pose aussi la question du passage à l'échelle. La démarche itérative à laquelle j'ai procédé pour une ou deux photos ne peut pas être envisagée pour les 20 000 images du corpus, car cela prendrait autant de temps qu'indexer ces documents manuellement. Nous sommes d'autant plus désireux de trouver des solutions que nous avons, d'ores et déjà, reçu beaucoup de demandes de différents musées et collections souhaitant profiter de notre expérience pour indexer automatiquement leurs propres fonds.



Expérience d'Aura Invalides : les arts numériques au service de la valorisation et de la préservation du patrimoine

Ariane James-Sarazin

Le musée de l'Armée - Hôtel National des Invalides est un des trois musées nationaux placés sous la tutelle du ministère des Armées. Il est installé en plein cœur de Paris, sur le site des Invalides, dont il occupe 40% de la surface. Au sein de ce musée, le Dôme des Invalides occupe une place centrale.

Un monument phare

Il s'agit en effet d'un monument phare de l'architecture française du XVII^e siècle. Conçu, au départ, comme une chapelle royale, le Dôme des Invalides, dont la hauteur est de 90 mètres, a été construit par l'architecte Jules Hardouin-Mansart, et inauguré par Louis XIV en 1706. Lors de la Révolution française, le Dôme a été sécularisé, puis Napoléon l'a transformé en panthéon militaire en y installant les dépouilles de deux grands généraux du Grand Siècle, Vauban et Turenne. Sous le règne de Louis-Philippe, cette vocation de panthéon militaire a été confortée par l'installation des cendres de Napoléon au cœur du Dôme, dans le magnifique monument créé par l'architecte Visconti. Plus tard, le Dôme des Invalides a également accueilli les sépultures des maréchaux Foch et Lyautey. En 1855, au moment de l'Exposition Universelle, l'État a décidé de le transformer en édifice muséal ouvert au public. Enfin, le Dôme des Invalides est aussi un lieu régalien et mémoriel à travers les cérémonies qui s'y déroulent.

La place centrale du Dôme des Invalides dans le musée est aussi liée au fait que cet édifice est visité par 65% des 1,2 millions de visiteurs que le musée de l'Armée accueille chaque année. Parmi eux, on compte 70% d'étrangers, venus notamment d'Asie et des États-Unis, et attirés à la fois par l'aura de Napoléon et par celle de Louis XIV. Paradoxalement, cet édifice, qui pourrait être considéré comme la « vache à lait » du musée de l'Armée, a longtemps fait l'objet de peu d'investissements, que ce soit en matière de restauration ou de valorisation et de médiation.

Un projet en plusieurs étapes

À l'occasion des commémorations liées à l'anniversaire de la mort de Napoléon, nous avons souhaité lui rendre tout son lustre et toute son importance dans la dynamique culturelle du musée de l'Armée.

La première étape a été la restauration complète du Dôme, rendue possible par une opération internationale de mécénat participatif. À cette occasion, nous avons fait évoluer les outils de médiation présents sur le site et amélioré leur esthétique. Nous avons ensuite réinstallé, au sein du Dôme, des objets appartenant aux collections nationales qui s'y trouvaient par le passé et qui, pour des raisons de conservation préventive, en avaient été écartés, comme l'un des chapeaux de Napoléon, l'épée d'Austerlitz, ou encore le collier de grand maître de l'ordre de la Légion d'honneur.

Nous avons également souhaité améliorer le confort de visite et l'accompagnement des visiteurs. Avant cette opération, le Dôme des Invalides ne comportait pas d'installation électrique aux normes, ni d'installation sonore, ni de dispositifs d'accessibilité pour les personnes à mobilité réduite. L'éclairage diurne devait être amélioré et la sécurité accrue. L'investissement nécessaire se chiffrait en dizaine de millions d'euros.

À cette démarche très pragmatique de remise à niveau du Dôme en termes muséographiques, s'ajoutait la volonté de le doter d'une nouvelle offre culturelle, alternative au spectacle son et lumière intitulé *La Nuit aux Invalides* qui se déroule dans la cour d'honneur. L'objectif était d'accroître la fréquentation du musée et ses ressources propres, notamment en attirant un public jeune, qui n'est pas forcément intéressé a priori par l'architecture du XVIII^e siècle ou par l'histoire de France, mais est généralement conquis par les nouvelles technologies et par les nouveaux modes de récit culturel. Nous souhaitons, enfin, mettre l'accent sur l'innovation et rappeler que le musée de l'Armée fut au départ un musée d'arts et métiers, et consacré à la technologie à travers l'arme savante par excellence qu'est l'artillerie.

Les acteurs

Pour relever ces différents défis, nous nous sommes alliés à deux principaux acteurs, le studio multimédia Moment Factory, installé à Paris et à Montréal, chargé de la conception artistique et de la réalisation technologique du projet Aura Invalides, et Cultival.fr, une agence culturelle qui offre des solutions de billetterie et de médiation pour les groupes et qui est un de nos partenaires habituels. De notre côté, nous apportons l'expertise de nos conservateurs et de nos scientifiques, qui connaissent mieux que personne l'histoire du Dôme ainsi que son iconographie. Avec ces deux partenaires, nous avons conclu

une AOT (Autorisation d'occupation temporaire du domaine public) d'une durée de 12 ans, nécessaire pour amortir l'investissement très lourd que représente cette opération. Au cours de cette période, il est néanmoins prévu que, tous les trois ans, le spectacle évolue, afin de renouveler l'intérêt du public.

L'expérience Aura Invalides

Moment Factory a commencé par numériser et modéliser l'ensemble du Dôme des Invalides, soit 3500 mètres carrés, en restituant toute la finesse des sculptures, médaillons et peintures, du sol au plafond. À partir de cette première étape, l'agence a conçu une expérience immersive à 360°, prenant la forme d'une déambulation de 50 minutes à l'intérieur du Dôme et mêlant lumière, images, sons et effets spéciaux, auxquels s'ajoutent quelques indications textuelles traduites en plusieurs langues.

Les contraintes de préservation du patrimoine

La réalisation de cette expérience a nécessité de truffer le Dôme de plus de 300 équipements tels que projecteurs, ordinateurs, baffles, etc. Au regard du statut de monument historique de cet édifice, ces installations devaient être complètement réversibles et sans impact négatif. Pour nous en assurer, nous avons travaillé en lien étroit avec la Direction régionale des affaires culturelles et l'architecte en chef des monuments historiques.

Lors de la mise en place de l'expérience, deux contraintes sont apparues. La société Moment Factory utilise des machines à brouillard afin d'accentuer l'impact visuel de certains effets spéciaux et, très vite, nous nous sommes interrogés sur l'impact éventuel du ruissellement de ce brouillard sur les peintures, les sculptures ou encore le sol du Dôme. Le laboratoire de restauration des musées de France a lancé un programme de recherche reposant sur des relevés climatiques qui seront effectués pendant douze ans afin de pouvoir modéliser les effets des machines à brouillard sur le bâtiment.

De même, la réverbération du son, d'un niveau très élevé, paraissait susceptible d'avoir un effet sur la stabilité de la verrière et du monument. Nous avons fait réduire le niveau sonore et demandé qu'un programme de recherche soit engagé par le laboratoire de recherche des monuments historiques et l'Institut national du patrimoine, pendant une durée de douze ans également.

De plus en plus de villes, en France et à l'étranger, envisagent la création de spectacles immersifs pour animer et rendre plus attractifs leurs cathédrales, musées ou monuments historiques, ce qui pose souvent des problèmes de préservation du patrimoine liés aux points de fixation des équipements, au taux d'éclairage et à la chaleur dégagée par le fonctionnement du matériel électrique ou électronique, sans parler des aspects esthétiques, les visiteurs n'appréciant pas forcément que du matériel de salle de spectacle vienne gâcher leur appréhension de l'architecture de ces bâtiments. Les travaux de recherche que nous avons lancés pourront ainsi être utiles à d'autres musées et institutions patrimoniales, que ce soit en France ou à l'étranger.



Différentes expériences immersives

Les expériences immersives sont désormais très répandues dans les établissements culturels. Existe-t-il une différence de nature entre l'expérience Aura Invalides et celles que propose l'Atelier des Lumières, par exemple ?

Ariane James-Sarazin : Avec Aura Invalides, il ne s'agit pas d'une simple projection d'images sur des murs, mais d'un orgue de lumières destiné à mettre en valeur un monument.

L'indispensable intervention humaine

L'exposé de Solenne Blanc montre que l'intelligence artificielle est un outil prodigieux mais, somme toute, pas davantage qu'un piano ou qu'un violoncelle, au sens où l'intervention humaine reste toujours indispensable.

Solenne Blanc : Effectivement, l'IA est un outil avant tout probabiliste. Si celui qui s'en sert n'apporte pas sa propre touche de créativité, il ne fera que reproduire les schémas les plus probables - d'où la nécessité de convoquer l'imaginaire et le rêve.

Pour la couverture de *Beaux Arts Magazine*, Fabrice Bouteau a apporté l'inspiration, puis la machine a exécuté ses consignes, et Fabrice est à nouveau intervenu pour améliorer la qualité artistique, esthétique et la dimension de communication que portait l'œuvre.

L'idée selon laquelle la technique n'est rien si elle n'est pas inspirée est très ancienne. Selon divers écrits du Moyen Age, l'artiste n'est qu'un artisan et c'est le mécène qui lui insuffle son inspiration...

Solenne Blanc : C'est vrai, même si certains mécènes ont commandé des œuvres moins intéressantes que celles que les artistes concevaient entièrement eux-mêmes !

La valorisation des bases de données publiques

Les établissements publics se voient enjoindre d'accroître leurs ressources propres. Quel modèle économique pourrait être appliqué aux bases de données de ces institutions, très coûteuses à créer, lorsqu'elles sont utilisées par des investisseurs qui en retirent des bénéfices ?

Solenne Blanc : Peut-être pourrait-on s'inspirer des pratiques de la RMN (Réunion des musées nationaux), qui accorde des licences d'utilisation pour les œuvres qu'elle gère. Une commission interministérielle a été constituée sur cette question et doit rendre ses conclusions dans quelques mois.

Le contact avec la matière

En 2063, si toutes les œuvres sont générées à partir de données numériques, il n'y aura plus de contact avec la matière, dimension qui, pourtant, joue dans l'art un rôle crucial.

Solenne Blanc : Le contact entre l'artiste et la matière est fondamental et la machine ne pourra pas le remplacer, même si certaines œuvres sont réalisées avec des imprimantes 3D. Nous croyons beaucoup aussi au lien entre l'art et le monde du vivant, qui intéresse énormément d'artistes.

Et la musique ?

L'intelligence artificielle pourrait-elle également produire la dixième symphonie de Beethoven ?

Solenne Blanc : Tout à fait. Il y a quelques années, une « nouvelle » chanson des Beatles a été composée de cette façon. On peut cependant discuter de sa qualité créative, car elle se contente de reproduire des structures musicales déjà éprouvées.

La concurrence des bases de données généralistes

Des sociétés comme Getty Images ou Shutterstock possèdent des centaines de millions d'images, auxquelles on peut recourir lorsqu'on cherche à illustrer un livre, par exemple. Ne risquent-elles pas de représenter une concurrence sévère pour des démarches telles que celle du musée Guimet ?

Christopher Kermorvan : Les photos sur lesquelles nous travaillons sont extrêmement spécialisées, et les modèles généralistes ont du mal à les décrire. Ce n'est pas la même chose que de proposer une image représentant « un paysage comprenant deux personnes qui marchent le long d'une rue » et de décrire les différentes utilisations des instruments japonais à cordes pincées.

L'expertise des historiens

Jusqu'à quel niveau de précision ambitionnez-vous d'aller dans la description des photos japonaises anciennes ? Pourriez-vous, par exemple, les relier à un événement extérieur tel qu'un spectacle ou un tremblement de terre, ou identifier une évolution vestimentaire chez les personnages qu'elles représentent ?

Édouard de Saint-Ours : Ce type d'analyse relève de l'étape suivante, celle du travail des historiens. En revanche, nous avons besoin d'un certain volume de métadonnées pour entraîner les modèles, et celles-ci pourront nous être fournies par les historiens. Ainsi, Claude Estèbe, historien spécialiste de la photo ancienne au Japon, a déjà attribué une partie des photos du corpus à différents studios de l'époque, et nommé une grande partie des objets présents dans les images.

Par ailleurs, la phase de numérisation de la collection comprend un volet d'indexation manuelle des métadonnées de base, qui consistera à retranscrire les légendes présentes sur les images, les dates notées dans l'album ou le nom du photographe lorsqu'il est indiqué.

L'intelligence artificielle peut aussi nous réserver des surprises, par exemple en établissant, entre certaines photos du corpus, des liens que nous n'aurions pas forcément perçus sans cela, et qui pourront conduire à de nouvelles investigations.

La science participative

J'ai contribué à une opération de science participative menée par le Muséum national d'histoire naturelle. Dans le cadre d'une grande opération de numérisation, il était proposé au public de transcrire et même de compléter ou amender les informations manuscrites figurant sur certains documents, par exemple en actualisant des indications toponymiques obsolètes. Lorsque les mêmes suggestions étaient reprises une dizaine de fois, elles étaient automatiquement intégrées à la base de données. Envisagez-vous de recourir à ce type de démarche ?

Christopher Kermorvant : L'inconvénient de ce genre d'approche est l'important travail de validation qu'il nécessite. Notre projet se voulant très qualitatif, nous allons solliciter des chercheurs plutôt que le grand public.

Dans certains projets, la participation du public joue un rôle d'animation et sert à faire mieux connaître un service d'archives ou un fonds. Par exemple, à Belfort, nous avons proposé au public de transcrire d'anciens comptes-rendus des conseils municipaux.

La question des droits

Les outils d'IA que vous avez mentionnés ont déjà été entraînés sur des millions de photos. Devrez-vous payer des droits pour pouvoir vous en servir ?

Christopher Kermorvant : Chaque outil dispose de sa propre licence qui, en général, permet d'en disposer gratuitement jusqu'à un certain nombre d'utilisateurs. Cette clause est probablement destinée à éviter que des acteurs comme Google s'en emparent, et ne concerne pas une petite entreprise comme Teklia.

Mots-clés : art, Dôme des Invalides, expérience immersive, indexation automatique, intelligence artificielle, musée Guimet, patrimoine, réalité virtuelle

Citation : Anne-Catherine Robert-Hauglustaine, Solenne Blanc, Édouard de Saint-Ours, Christopher Kermorvant & Ariane James-Sarazin. (2023). *Arts, patrimoine et nouvelles technologies : innovations et perspectives*. Les séances thématiques de l'Académie des technologies. @

Retrouvez les autres parutions des séances thématiques de l'Académie des technologies sur notre site

Académie des technologies. Le Ponant, 19 rue Leblanc, 75015 Paris. 01 53 85 44 44. [academie-technologies.fr](https://www.academie-technologies.fr)
Production du comité des travaux. Directeur de la publication : Denis Ranque. Rédacteur en chef de la série : Hélène Louvel. Auteur : Élisabeth Bourguinat. n° ISSN : 2826-6196.

Les propos retranscrits ici ne constituent pas une position de l'Académie des technologies et ils ne relèvent pas, à sa connaissance, de liens d'intérêts. Chaque intervenant a validé la transcription de sa contribution, les autres participants (questions posées) ne sont pas cités nominativement pour favoriser la liberté des échanges.