

Numérique et industrie du passé : le patrimoine industriel de demain

Jean-Louis Kerouanton et Florent Laroche

Les applications de la modélisation 3D, très répandues dans l'industrie, l'ingénierie et les jeux vidéo, peuvent paraître récentes ou marginales dans la culture et les sciences humaines. Le développement de cette technologie est cependant très important aujourd'hui, par exemple dans l'archéologie industrielle, avec des résultats remarquables.

La modélisation 3D et, plus généralement, la gestion des données et des connaissances, offrent de nouvelles perspectives pour aborder l'archéologie industrielle entre savoir, conservation et valorisation, en particulier dans les musées. Au-delà de l'analyse attendue des périodes les plus anciennes en archéologie, c'est une nouvelle façon d'imaginer l'archéologie contemporaine, par l'utilisation d'une nouvelle méthodologie mais aussi par l'étude des objets techniques devenus de plus en plus complexes depuis la première révolution industrielle. L'expérience nantaise présentée ici est le fruit d'une collaboration déjà ancienne entre un laboratoire de sciences humaines et sociales ayant pour thématique l'histoire des sciences et des techniques, le Centre François Viète à l'université de Nantes, et un laboratoire dédié aux sciences du numérique, le LS2N et plus spécifiquement une de ses équipes, basée à l'École Centrale de Nantes. Il s'agit d'un questionnement radicalement interdisciplinaire, compréhensible comme un double point de vue sur les objets d'étude mais aussi comme une collaboration réflexive des approches de l'ingénierie avec celles des sciences humaines¹.

« Quand l'ingénierie industrielle devient patrimoine. »

Le travail nantais n'est bien sûr pas isolé. Sur la question des modèles 3D, il faut noter la constitution d'un réseau national fondamental à l'initiative du CNRS, le Consortium 3DSHS. Pour ce qui est de la mémoire industrielle plus précisément, d'autres équipes en France travaillent régulièrement à ces avancées numériques au bénéfice de l'histoire des techniques et des questions patrimoniales, par exemple à Évry, Belfort ou Brest, sans oublier certaines productions du musée des Arts et Métiers.

Toutes ces recherches développent un point de vue original dans les différentes approches des sciences humaines et du numérique et forment une composante de

¹. Ce travail commun s'est concrétisé par la mise en place d'un groupe de recherche informel, EPOTEC (Évolution des Procédés et Objets Techniques) : <http://www.epotec.fr>



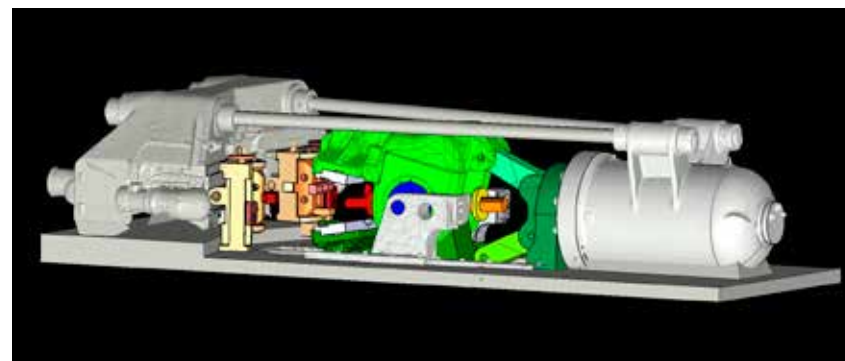
Nuage de points de la cale des chantiers de La Ciotat, 2020.
© Paul Francois, LS2N.



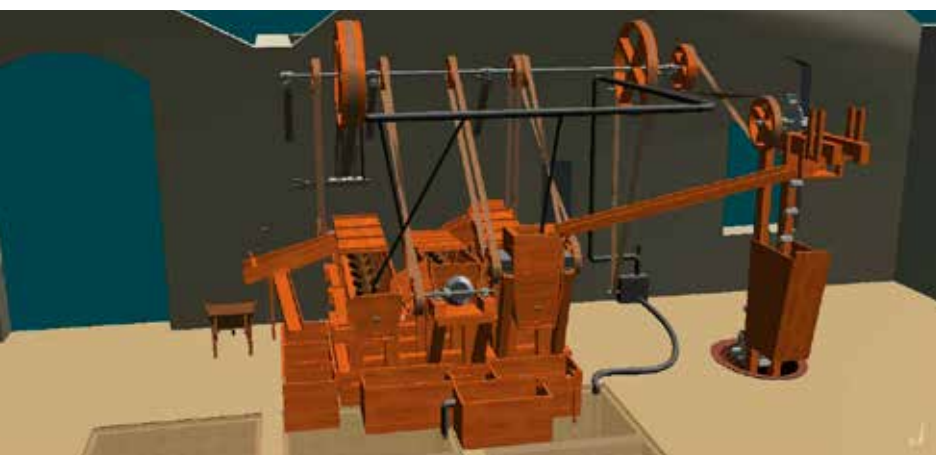
La cale des chantiers de La Ciotat, 2020.
© Photo Jean-Louis Kerouanton, CFV.



La cintreuse à membrures, 2008.
© Photo Jean-Louis Kerouanton, CFV.



Modèle 3D CAO de la cintreuse à membrures, 2009.
© Didier Serveille, CFV-LS2N.



Modèle 3D CAO de la machine à laver le sel, 2012. © Florent Laroche, LS2N.



La machine à laver le sel au sein du Musée, 2013. © Photo Florent Laroche, LS2N.

à l'architecture, à l'étude formelle, comme aux techniques et aux réseaux. Les objets et les échelles sont multiples : usines, ateliers, lieux de production mais aussi, de manière plus large, compréhension et explication des flux, du trafic, des circulations, jusqu'au « territoire » et à l'histoire des « paysages ».

Une machine : la machine à laver le sel de Batz-sur-Mer

À la fin des années 2000, l'extension du musée des Marais salants de Batz-sur-Mer (Loire-Atlantique) dans un bâtiment mitoyen, atelier et entrepôt à sel à partir du début du XX^e siècle, a été l'occasion de découvrir et d'étudier une machine à laver le sel, essentiellement en bois. Elle était dans un état proche de la ruine et sa restauration était inenvisageable en raison de la dégradation irréversible de sa structure. Notre première idée était donc non pas de conserver la machine elle-même, mais de la modéliser et de l'étudier pour sa bonne compréhension et sa valorisation virtuelle.

Mais la restitution en CAO a été si significative pour les conservateurs qu'ils en sont arrivés à l'idée qu'une reconstruction était possible dans le nouveau musée, à son endroit d'origine dans l'atelier. Cette reconstruction presque à l'identique est opérationnelle depuis la réouverture d'août 2013.

Ce n'est pas seulement une copie matérielle de l'ancienne machine détruite, mais vraiment le résultat de l'étude archéologique et mécanique. Parce qu'il est mécaniquement et dynamiquement exact, le logiciel de CAO a permis de valider l'ensemble du fonctionnement et l'efficacité non seulement de la machine, mais également du process général. Il s'agit d'une différence significative avec de simples illustrations ou même des jeux vidéo beaucoup plus complexes puisque nous sommes ici dans un processus scientifique capable de calculer, de vérifier et de transposer².

Une usine : les chantiers navals de La Ciotat

Notre découverte des chantiers navals de La Ciotat (Bouches-du-Rhône) date de 2007, à l'invitation de la Direction régionale du ministère de la Culture en vue de réaliser une expertise sur les engins de levage encore en place. La connaissance complète des installations techniques du chantier naval était indispensable pour indiquer

une éventuelle proposition de conservation et de valorisation.

La Ciotat est un site historiquement très important, comparable sur bien des points aux chantiers de Saint-Nazaire (Loire-Atlantique). Après la fermeture du chantier naval en 1987 et sept ans d'occupation syndicale par les ouvriers, le site connaît depuis 1995 une renaissance spectaculaire. Les militants syndicalistes ont véritablement sauvé leur outil de travail – les principales machines et tout particulièrement les monumentales grues Titan ainsi que les grands portiques de levage – de la destruction et de l'abandon. Cette réussite remarquable était la seule condition de la réouverture.

La première étude, d'ordre général, consistait à inventorier toutes les grues du chantier naval, en exploitation ou abandonnées, des plus petites aux plus gigantesques. L'étude nécessitait une contextualisation et s'est immédiatement étendue au paysage industriel et aux constructions de toute l'usine, de l'administration, des ateliers, des entrepôts et évidemment des infrastructures maritimes comme les quais, les cales sèches et les cales. Notre proposition est d'emblée passée par les outils numériques de visualisation spatiale, un système d'information géographique associé à une base de données qui a permis de cartographier l'évolution du site dans le temps et l'espace, de situer les machines en les référant à un corpus d'anciennes cartes et de plans géoréférencés, dans un objectif de compréhension du processus industriel de construction navale.

La deuxième approche numérique mise en œuvre sur ce site a consisté en l'étude avant sa destruction d'une cintrouse à membrures, machine de torsion à froid des éléments métalliques constituant le « squelette » de la coque des navires. La machine *Bennie* semblait très originale et exceptionnelle dans le corpus connu des machines anciennes liées à la construction navale. Avec le soutien renouvelé du ministère de la Culture, nous avons pu appliquer notre méthodologie de rétro-conception à cette machine avant son ferrailage. Avec la numérisation 3D sur place, un relevé photographique complet, la documentation par les archives subsistantes au sein de l'entreprise portuaire actuelle, il était possible de proposer la modélisation mécanique et dynamique de la cintrouse, puis un film pour l'histoire et la valorisation.

Le réaménagement profond des chantiers en cours, en vue de l'établissement d'un nouvel ascenseur à bateaux pour les « méga-yachts » de

plus de cent mètres de long et jusqu'à quatre mille trois cent tonnes, nous donne, en ce moment même, l'occasion de compléter ces premiers travaux déjà un peu anciens par une nouvelle étude, en lien avec l'opérateur industriel et portuaire local, La Ciotat Shipyards. Il s'agit cette fois de documenter la destruction de l'ancienne cale 1, cale de construction inclinée de plus de deux cents mètres de long, à la demande des services patrimoniaux de l'État, la protection au titre des monuments historiques n'étant pas apparue envisageable. L'évolution des outils numériques disponibles et de l'approche scientifique associée permet aujourd'hui une modélisation complète de la zone d'étude, bien au-delà de la première analyse sur une machine unique, grâce au couplage de deux ensembles de données complémentaires : les « nuages de points » obtenus grâce à un scanner laser 3D (technique de lasergrammétrie) et une photographie complète de la totalité de l'ancienne cale, elle aussi en 3D, réalisée grâce à l'assemblage de milliers de clichés en chevauchement, pris majoritairement grâce à un drone et recouvrant la zone d'étude (technique de photogrammétrie). L'ensemble obtenu est là encore associé au travail plus classique de l'historien en termes de construction d'une base d'images et de documentation pour établir l'analyse historique et technique de cet élément fondamental de la construction navale³.

Un port industriel dans la ville : Nantes en 1900

La maquette du port de Nantes est l'un des objets les plus importants du musée d'histoire du château des Ducs de Bretagne. Élaborée par Pierre-Auguste Duchesne en 1899 pour l'Exposition universelle de Paris en 1900, mais actualisée jusqu'en 1914, cette maquette est probablement l'un des meilleurs documents de l'histoire urbaine et économique de Nantes vers 1900. Notre intérêt, partagé par l'équipe de conservation du musée, pour les nouvelles technologies en muséographie, nous a convaincus d'imaginer un nouveau projet commun. Nous réfléchissons ensemble à l'utilisation innovante des technologies numériques pour promouvoir le patrimoine culturel et plus spécifiquement pour valoriser l'objet lui-même. Le dispositif interactif installé en 2015 constitue aujourd'hui une proposition forte dans l'ensemble du parcours muséal.

La première étape du travail a été de scanner l'ensemble de la maquette en 3D. Puis la documentation historique a été fournie pour la base de données. Il s'agissait vraiment d'un *work in*

2. Lien vers la vidéo démontrant la méthodologie d'archéologie industrielle avancée déroulée : <https://youtu.be/jMjCnigA9EA>

3. Lien vers la visualisation du modèle 3D interactif : <https://la-ciotat.univ-nantes.fr/reseed/> ; lien vers la base de données patrimoniales : <https://la-ciotat.univ-nantes.fr/omeka/> ; lien vers la vidéo des résultats de la première étude réalisée : <https://youtu.be/HvyPULjRbs>



progress et d'une expérience académique avec la mobilisation d'environ cent cinquante étudiants pendant plusieurs années : doctorants, étudiants en sciences pour l'ingénieur et étudiants en patrimoine pour la plupart, apprenant d'eux-mêmes à traverser leurs propres langues académiques et techniques pour faire sens et dialogue.

Les objectifs scientifiques ont été progressivement fixés grâce à des échanges réguliers avec l'équipe du musée. Nos préoccupations étaient de développer le « DHRM » – modèle numérique de référence patrimonial – tel que l'a défini Florent Laroche dans sa thèse dès 2007, insistant sur la reconnaissance sémantique des éléments 3D, l'intégration du temps (lien passé/présent) dans la base de données des connaissances et sur l'adaptabilité du méta-modèle pour soutenir les mises à jour dans une perspective de durabilité de la proposition technique⁴.

Trois écrans multi-touch interactifs sont placés juste en face de la maquette. Le visiteur peut associer son regard sur l'objet grâce à la navigation tactile sur les écrans. Chaque sollicitation de l'écran est accompagnée en retour vers le plan-relief lui-même d'un éclairage des parties concernées – c'est en quelque sorte une interface d'accès en réalité virtuelle associée à un dispositif de réalité augmentée. Le géoréférencement précis du modèle permet la lecture des informations historiques associées, de la documentation et de l'iconographie ; il est complété par une navigation proposant également des liens sémantiques et thématiques. L'ensemble n'est pas programmé en dur mais permet un enrichissement permanent des connaissances patrimoniales acquises par la mise en place d'un méta-modèle décliné depuis le DHRM. L'idée est d'aider le visiteur à comprendre la maquette comme une production artistique, un plan tridimensionnel de la ville, et bien sûr un document essentiel pour la compréhension du port et de la ville entourant la Loire vers 1900, dans sa partie maritime⁵.

Le modèle n'est pas une simple maquette !

Si nos recherches ont commencé avec des objets du patrimoine industriel, elles semblent permettre des considérations similaires dans d'autres domaines patrimoniaux. Cependant, notre approche reste particulièrement pertinente sur les objets techniques et industriels. La modélisation 3D, avec une véritable méthodologie CAO, est clairement opérante pour les

analyses en histoire des techniques du fait de la restitution possible avec exactitude des aspects mécaniques et dynamiques dans le contexte virtuel de l'utilisation passée. Notre première méthodologie de rétroconception engage à élargir la réflexion sur les données et les liens réflexifs ainsi analysables, apportant richesse et complexité au récit de l'historien. Nous cherchons aujourd'hui à améliorer, anticiper l'intégration des différentes phases de la vie des objets jusqu'à la réutilisation, la restauration, voire la réhabilitation pour certains sites ou bâtiments. C'est ainsi, au-delà de l'histoire, espérer ajouter les couches d'information jusqu'à l'actualité des objets, y compris leur phase actuelle de vie patrimoniale.

Hors le champ du patrimoine industriel, une autre proposition pour les Salons Mauduit à Nantes⁶ mise sur les développements de situations immersives et interactives, de réalité augmentée, allant jusqu'à une certaine sérendipité dans le cadre d'une visite « libre mais guidée ». Il s'agit d'aller plus loin encore et de tester la possibilité pour le visiteur d'être lui-même auteur, contributeur de témoignages *in situ* ou *ex situ* en ligne. Ces réflexions sont menées sur Nantes en lien avec les équipes qui développent aujourd'hui Nantes Patrimonia.

Les objets virtuels du patrimoine 3D peuvent devenir un véritable outil de compréhension. Il s'agit aujourd'hui d'envisager de nouvelles représentations de l'histoire et de faciliter l'évaluation par une réflexion sur les possibilités de l'analyse documentaire entre le récit de l'historien et le réseau plus large de la connaissance. Pour l'historien, le double lien, dans le récit et entre les récits, ouvre de nouvelles possibilités de description et de compréhension. C'est ainsi que le projet VESPACE⁷, ayant pour objectif de faire revivre en réalité virtuelle le tumulte et l'agitation d'une représentation théâtrale au XVIII^e siècle, a permis de mettre en place un monde virtuel interactif associé à une base de données pour un renouveau des pratiques des historiens en les positionnant *in virtuo* dans la réalité hypothétique du récit passé.

Le projet ReSeed⁸ (rétroconception sémantique d'objets patrimoniaux digitaux) est le prolongement logique des étapes précédentes. Lancé en 2016, il est financé par l'Agence nationale de la Recherche jusqu'en 2021. Il réunit un consortium interdisciplinaire composé d'industriels, d'établissements d'enseignement supérieur et d'institutions culturelles provenant du domaine du patrimoine scientifique et technique, des

sciences humaines et de l'ingénierie. Le projet vise à inventer une « nouvelle utilisation du modèle 3D à des fins de conservation et valorisation du patrimoine en garantissant authenticité et intégrité des données numériques ».

Avec son approche multidisciplinaire, le modèle numérique de référence patrimonial contribue à l'évolutivité des connaissances, à leur interopérabilité ainsi qu'à leur réutilisation potentielle, indépendamment de la nature du projet. Il permet des relations multidimensionnelles (appartenances, histoire, géographie...) ainsi qu'une réponse renouvelée sur l'interaction entre qualitatif et quantitatif. La plupart du temps, l'utilisation de la 3D va vers la création de modèles parfaits qui ne cadrent pas avec l'éthique patrimoniale. Chaque objet étant unique, il n'existe pas de méthode unique, ni d'outil unique ou de technologie générale pour soutenir ces approches. Ainsi, gérer systématiquement la 3D est un véritable défi. L'ambition de ReSeed est de mettre ses compétences au service de la société culturelle de demain. Il permettra de relever les quatre grands défis du paradigme patrimonial : la connaissance, la protection, la restauration et la valorisation.

Spécialiste du patrimoine industriel, Jean-Louis Kerouanton est enseignant-chercheur à l'université de Nantes depuis 2005 et membre d'une de ses unités de recherche, le Centre François Viète, Épistémologie, Histoire des sciences et des techniques (cfv.univ-nantes.fr). Ses recherches sont centrées sur l'histoire et le patrimoine de l'industrie et plus généralement sur le patrimoine technique et les développements architecturaux et urbains.

Florent Laroche est maître de conférences HDR à l'École Centrale de Nantes, directeur du département IPSI et chercheur au laboratoire LS2N-Laboratoire des Sciences du Numérique de Nantes. D'abord ingénieur puis docteur, il met son expérience en ingénierie au service du patrimoine culturel en utilisant les outils du numérique pour préserver et valoriser les connaissances du passé. Il travaille tant pour les entreprises que comme expert pour les musées ou l'ICOMOS.



De haut en bas :

Maquette de Nantes en 1900 au sein du Musée, 2014. © Photo Jean-Louis Kerouanton, CFV.

Numérisation 3D de la maquette de Nantes dans la salle du musée du Château des ducs de Bretagne, 2009. © Photo CFV.

Le dispositif numérique installé devant la maquette du port, 2015. © Photo Jean-Louis Kerouanton, CFV.

4. <https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-00382703>

5. Lien vers la vidéo du dispositif installée dans le musée : <https://youtu.be/wCWMFMM6uGk>

6. https://youtu.be/HH3R_kiQLJU

7. <http://vespace.univ-nantes.fr>

8. <https://reseed.ls2n.fr/>