



**HAL**  
open science

## Conserver et restituer le patrimoine industriel grâce à la réalité virtuelle et augmentée

Anne Wartelle, Marie-Morgane Abiven, Florent Laroche, Ronan Querrec

### ► To cite this version:

Anne Wartelle, Marie-Morgane Abiven, Florent Laroche, Ronan Querrec. Conserver et restituer le patrimoine industriel grâce à la réalité virtuelle et augmentée. Culture et Patrimoine numérique : entre recherche et formation, Université de Nantes, Jun 2023, Nantes (Université de Nantes), France. hal-04210227

**HAL Id: hal-04210227**

**<https://hal.science/hal-04210227v1>**

Submitted on 18 Sep 2023

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

# Conserver et restituer le patrimoine industriel grâce à la réalité virtuelle et augmentée

Anne Wartelle<sup>1,2</sup>, Marie-Morgane Abiven<sup>1</sup>, Florent Laroche<sup>2</sup> et Ronan Querrec<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Lab-STICC, UMR CNRS 6285

<sup>2</sup>LS2N, UMR CNRS 6004

Avril 2023

## Introduction

Le patrimoine industriel représente un témoignage important de l'histoire économique et technologique d'une région ou d'un pays. Cependant, de nombreux sites industriels historiques sont confrontés à des défis de préservation et de promotion en raison de leur dégradation physique ou de leur évolution économique. En effet, la fin de l'exploitation d'une machine ou d'un paysage industriel entraîne souvent la perte de patrimoine matériel et immatériel. La Convention du patrimoine mondial de l'UNESCO[1] met l'accent sur l'obligation pour les États de conserver le patrimoine culturel, dont les sites industriels font partie intégrante[2].

S'il est parfois trop tard pour sauvegarder les paysages culturels industriels dans leur totalité, nous aimerions au minimum conserver numériquement les médias utilisés pendant leur exploitation, la configuration spatiale des lieux, l'usage des machines, et l'expérience sensorielle des activités industrielles qui y ont pris place, dans le but de transmettre ces connaissances en les rendant accessibles au plus grand nombre.

Nos hypothèses sont les suivantes :

1. L'immersion d'utilisateurs dans un Environnement Virtuel Intelligent Réaliste Sensoriel (EVIRS) se traduit par :
  - une récupération accrue des mémoires procédurales, épisodiques et autobiographiques qui sont habituellement

interrogées ou travaillées dans le cadre classique de productions d'archives orales ;

- la possibilité de capturer des gestes et des savoirs incarnés ;
- une meilleure mémorisation des connaissances.

2. La réalité virtuelle collaborative permet des méthodes de recherche pluridisciplinaire et de médiation innovantes, avec un saut qualitatif et quantitatif concernant l'élicitation et la restitution des connaissances et des savoir-faire.

Afin de valider ces hypothèses, nous œuvrons au développement d'EVIRS, que nous envisageons comme des laboratoires virtuels interdisciplinaires, avec lesquels nous pourrions interagir en communiquant avec des Agents Conversationnels Autonomes (ACA). Nous pourrions par la suite les évaluer grâce à des expérimentations.

## 1 Le positionnement

Notre projet s'inscrit dans une démarche de conservation des métiers et savoir-faire industriels. Son approche est pluridisciplinaire : il réunit des profils issus des sciences humaines et sociales, et d'autres, plus techniques.

La réalité virtuelle semble avoir un effet positif sur l'acquisition de connaissances sur des objets historiques[3, 4]. Il nous semble important

de pouvoir non seulement manipuler les représentations 3D des objets patrimoniaux, ce qui se fait déjà dans certaines expositions [5], mais aussi, dans le cas de machines industrielles, de les mettre en fonctionnement.

En ce qui concerne les ACA, de nombreuses études se sont penchées sur la qualité perçue de leur discours ; elle passe notamment par une vraie adaptation aux actions de leur interlocuteur humain [6] (les ACA doivent savoir écouter). D'autres travaux [7] décrivent un système de conversation avec des robots sociaux ou des agents conversationnels basé sur le contenu sémantique des énoncés. Ce système vise à générer des conversations plus enrichissantes en restituant des connaissances sur les sujets évoqués, mais il ne permet pas de mettre à jour ces connaissances par l'interaction. Or, nous souhaitons que les ACA puissent servir d'interface à des utilisateurs experts et leur permettent de modifier les connaissances existantes ou d'en répertorier de nouvelles.

La dimension sensorielle est également un axe peu exploré dans les humanités numériques. Si la vue apporte son lot d'informations sur les paysages étudiés, une description complète de ces paysages doit passer par les autres sens, notamment l'ouïe (archéologie des paysages sonores) [8].

## 2 Un cas d'usage : le marteau-pilon des forges de Pontaniou

Nous nous intéressons à plusieurs cas d'usage spécifiques ; nous proposons d'en présenter un précis.

L'arsenal de Brest est doté de forges qui étaient destinées à fabriquer les pièces métalliques des navires. Ces forges, appelées forges de Pontaniou, abritent un marteau-pilon de construction Schneider & Cie de 1867. Le système, que l'on surnomme « le 6 tonnes », est

mis hors service en 2005, et les ateliers des forges ferment définitivement en 2013. Actuellement, le marteau-pilon et les outils manuels sont encore sur place, mais le site est inaccessible au public, car situé dans une zone militaire.

En 2014, une prise de données LIDAR effectuée dans le cadre d'une collaboration avec l'Institut Universitaire Européen de la Mer (IUEM), Brest Métropole Océane et l'Université de Bretagne Occidentale (UBO) a permis de débiter la modélisation 3D des forges. Celle-ci a ensuite été améliorée grâce à des photos prises sur place afin d'ajouter la texture au modèle et ainsi obtenir une modélisation aussi fidèle à la réalité que possible. (Figure 1).

Pour ce cas d'usage, le recueil des données destinées à alimenter le corpus de connaissances du Lab in Virtuo a été effectué au moyen d'une recherche d'archives classique et d'entretiens réalisés auprès de deux anciens forgerons de la forge de Pontaniou. Ils ont permis d'obtenir des informations centrées sur l'activité humaine comme sur l'utilisation des outils, les gestes techniques ou encore les conditions de travail.

Les forgerons, intégrés au projet en tant qu'experts du domaine, ont participé à la validation du modèle 3D en testant la modélisation via un casque de réalité virtuelle. Cette immersion a également permis de voir qu'il était possible de recueillir des informations complémentaires de la part des forgerons lorsqu'ils sont immergés dans l'environnement virtuel des forges. En effet, le fait de revivre une expérience passée peut contribuer à récolter des informations plus détaillées et permet aux anciens usagers d'explicitier des informations qui étaient restées implicites lors des entretiens traditionnels. Avoir recours à des méthodes d'entretien classiques combinées à des méthodes immersives favorise la quantité et la qualité des informations collectées.



FIGURE 1 – L’environnement virtuel basé sur les forges de Pontaniou

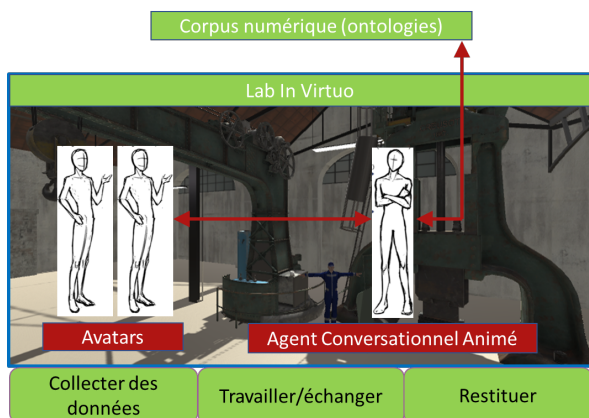


FIGURE 2 – Architecture du projet Lab In Virtuo

### 3 Le projet Lab In Virtuo

#### 3.1 Jeux d’usagers

Pour répondre à notre problématique, nous proposons un système générique qui permet de faire le lien entre un corpus numérique, composé d’ontologies, qui contient des connaissances sur un paysage industriel donné, et un EVIRS (le Lab In Virtuo) qui reconstitue ce paysage (Figure 2). Les utilisateurs, immergés dans l’environnement, peuvent interagir avec le corpus numérique par le biais d’ACA. Le lien entre EVIRS et corpus numérique doit être bidirectionnel : nous pourrions modifier le corpus numérique depuis l’EVIRS et inversement.

Les interactions possibles dans le Lab In Virtuo appartiennent à trois catégories de jeux d’usagers.

**La collecte de données** depuis l’EVIRS consiste à alimenter la base de connaissances en interagissant avec un ACA. Cette collecte pourra être faite soit à l’initiative de l’utilisateur, assisté par un ACA qui servira d’interface avec le corpus (l’agent jouera alors un rôle comparable à celui d’un interpréteur SPARQL), soit à l’initiative de l’ACA, qui pourra détecter des éléments de son environnement peu ou mal documentés, et compléter l’ontologie en posant des questions à un expert humain.

**La restitution de connaissances** dans l’EVIRS s’effectue de deux manières :

- par l’exécution de scénarios de médiation, qui puisent directement les sources et connaissances utiles dans le corpus numérique. Ces scénarios sont rédigés par des experts en médiation et joués par des ACA ;
- en posant des questions précises aux ACA à l’aide d’une grammaire simple et standardisée (le projet ne porte pas sur le traitement automatique du langage naturel).

**Le travail collaboratif** se trouve à la croisée des modes d’utilisation évoqués précédemment (la collecte de données et la restitution de connaissances). Nous envisageons le Lab In Virtuo comme un laboratoire virtuel, qui permettra à plusieurs experts de travailler ensemble sur une base de connaissances donnée, potentiellement de façon asymétrique. Voici quelques modes de collaboration possibles :

1. un expert, dont la mémoire est stimulée grâce à son immersion dans l’EVIRS, collabore en temps réel avec une seconde

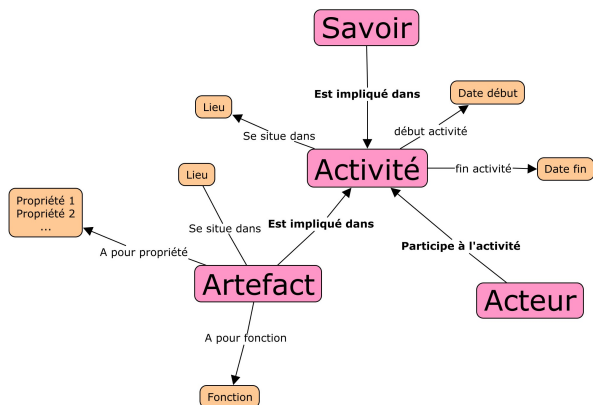


FIGURE 3 – Carte conceptuelle de l'ontologie ANY-ARTEFACT

personne qui accède au corpus numérique par une interface web ;

2. des experts de spécialités différentes, comme un historien et une archéologue, construisent chacun une base de connaissances pour décrire un même cas d'usage. Ces bases de connaissances pourront ensuite être comparées ;
3. plusieurs reconstructions différentes d'un paysage culturel donné sont présentées à des utilisateurs afin d'en valider une.

### 3.2 Le modèle informatique

Pour constituer le corpus numérique, nous nous appuyons sur l'ontologie générique ANY-ARTEFACT[9], qui permet de décrire des systèmes et des activités (Figure 3). Trois concepts la définissent : les artefacts, les acteurs et les savoirs.

**Un artefact** est une production humaine qui a une fonction précise et la « capacité » de réaliser cette fonction. En outre, l'artefact est associé à un usage qui correspond à l'activité pour laquelle il a été créé. Dans le cas de notre étude, nous considérons un système technique ou une

unité de production industrielle comme un artefact, car celui-ci a une fonction et un usage.

**La notion d'acteur** peut être divisée en trois catégories : l'homme ou être humain, le groupe social composé au minimum de deux personnes ayant des buts ou intérêts communs, et la position ou le poste occupé. Nous considérons ces trois types, être humain, groupe et position, comme des acteurs qui participent à une activité donnée.

**Les savoirs** englobent l'ensemble des connaissances relatives à une activité. Nous pouvons mettre en évidence plusieurs types de savoir : 1) les savoir-faire incorporés, qui sont indissociables de personnes ou de groupes concrets. Ils sont le résultat d'un apprentissage personnel, d'une expérience, ou d'une habileté. 2) les savoirs empiriques, scientifiques et scolaires, qui sont les types de savoirs qui ont été étudiés, et enfin 3) les savoirs techniques, qui correspondent aux connaissances et savoirs humains, conscients ou inconscients, qui permettent la mise en œuvre d'une technique. Cette notion de savoir que l'on attribue aux acteurs porte sur le savoir manuel, c'est-à-dire les gestes techniques, l'utilisation des outils, mais également les procédures et les métiers à proprement parler. Ces savoirs peuvent se transmettre sous plusieurs formes : de manière verbale d'un acteur à un autre, ou de manière matérielle à travers les plans ou les archives. Ils ne sont pas figés, mais se transmettent et évoluent en fonction des acteurs et du perfectionnement des objets techniques.

L'ontologie ANY-ARTEFACT est en partie basée sur le modèle conceptuel CIDOC-CRM, conçu pour la représentation de collections muséales. Afin de modéliser les paysages industriels dans toute leur dimension sensorielle (bruit, chaleur, odeurs...), nous devons augmenter notre ontologie générique pour qu'elle

puisse représenter ces concepts.

Chaque cas d'usage s'appuie sur une ontologie de domaine, qui dérive de l'ontologie générique et décrit un type de système (par exemple, une ontologie sur les ponts ou sur les forges).

Le corpus numérique est stocké grâce au logiciel *open source* Omeka S, qui permet de gérer et valoriser des collections d'items à l'aide d'une interface web. Omeka S est un outil de référence, largement utilisé dans les sciences humaines. Grâce à sa prise en charge des ontologies, nous pouvons organiser nos sources et connaissances historiques selon leur sémantique. Enfin, il est accessible grâce à une API REST : on peut donc recueillir les données qu'il contient dans des applications tierces, notamment le moteur Unity, qui fait tourner notre environnement virtuel.

Pour introduire les connaissances du corpus numérique dans l'EVIRS, nous utilisons le métamodèle UML MASCARET [10], qui permet d'instancier des systèmes et d'exécuter des activités en environnement virtuel. Il existe un alignement entre les concepts majeurs d'ANY-ARTEFACT (Artefact, Acteur, Activité) et ceux de MASCARET (Entité, Rôle, Activité, Agent) [11], qui est donc un intermédiaire idéal entre la base de connaissances et l'environnement virtuel.

## Conclusion

Nous avons établi un lien unidirectionnel entre un corpus numérique et un environnement virtuel : il est possible de consulter une ontologie depuis l'environnement virtuel en assistant à des scénarios de médiation simples décrits manuellement. À plus long terme, on souhaite pouvoir créer, modifier et consulter un corpus directement depuis l'environnement virtuel. Il faudra également augmenter notre ontologie pour retranscrire les aspects sensoriels

des paysages industriels.

Une fois cette étape franchie, nous passerons à la validation de notre hypothèse de départ grâce à des expérimentations. Deux expérimentations sont prévues afin de la tester : la première, dans un contexte contrôlé de laboratoire, visera à valider l'EVIRS en tant qu'interface avec le corpus numérique. Elle permettra de déterminer si l'utilisation du Lab In Virtuo permet bien une meilleure élicitation des connaissances par rapport aux méthodes classiques utilisées pour recueillir des données sur un objet patrimonial, qui sera sélectionné parmi les cas d'usage du projet. Nous recruterons une quarantaine de participants parmi des étudiants de master en Histoire des Sciences et Techniques, qui seront répartis de manière homogène en deux groupes. L'un devra concevoir une ontologie à l'aide de méthodes standard (interview d'un expert, puis construction de l'ontologie avec un outil comme Protege) ; l'autre groupe produira une ontologie en utilisant le Lab In Virtuo. Nous comparerons les ontologies produites entre elles, ainsi qu'avec une ontologie de référence réalisée par un expert. Pour cela, nous établirons des mesures quantitatives pour caractériser ces ontologies selon leur complétion et leur précision.

La seconde expérimentation s'adressera à un public plus large. Nous présenterons à des visiteurs de musées un scénario pédagogique dans le Lab In Virtuo. Nous recueillerons des données qualitatives sur leur niveau de mémorisation et de compréhension du sujet et sur leur ressenti, afin de comparer cette méthode de médiation à d'autres, plus traditionnelles. Cette évaluation s'appuiera sur des questionnaires classiques utilisés en psychologie cognitive et en ergonomie, comme le System Usability Scale.

## Remerciements

Ces travaux ont bénéficié d'une aide de l'État français gérée par l'Agence Nationale de la Recherche au titre du Programme d'Investissements d'Avenir (PIA) portant la référence ANR-21-ESRE-0030 (CONTINUUM).

## Références

- [1] UNESCO Centre du patrimoine mondial. La Convention du patrimoine mondial, 1972.
- [2] UNESCO Centre du patrimoine mondial. UNESCO Centre du patrimoine mondial - Liste du patrimoine mondial.
- [3] Peng-Peng Li and Pai-Ling Chang. A study of Virtual Reality experience value and learning efficiency of museum - using Shihsanhang museum as an example. In *2017 International Conference on Applied System Innovation (ICASI)*, pages 1158–1161, Sapporo, May 2017. IEEE.
- [4] Juno Rae and Lizzie Edwards. Virtual reality at the British Museum : What is the value of virtual reality environments for learning by children and young people, schools, and families. *MW2016 : Museums and the Web*, 1, 2016.
- [5] Mariza Dima, Linda Hurcombe, and Mark Wright. Touching the Past : Haptic Augmented Reality for Museum Artefacts. pages 3–14, June 2014.
- [6] Jonathan Gratch, Anna Okhmatovskaia, Francois Lamothe, Stacy Marsella, Mathieu Morales, R. J. van der Werf, and Louis-Philippe Morency. Virtual Rapport. In Jonathan Gratch, Michael Young, Ruth Aylett, Daniel Ballin, and Patrick Olivier, editors, *Intelligent Virtual Agents*, Lecture Notes in Computer Science, pages 14–27, Berlin, Heidelberg, 2006. Springer.
- [7] Lucrezia Grassi, Carmine Tommaso Recchiuto, and Antonio Sgorbissa. Knowledge-Grounded Dialogue Flow Management for Social Robots and Conversational Agents. *International Journal of Social Robotics*, 14(5) :1273–1293, July 2022.
- [8] Mylène Pardoën. L'archéologie du paysage sonore : de la théorie à la pratique. *RiMe. Rivista dell'Istituto di Storia dell'Europa Mediterranea (ISSN 2035-794X)*, pages 181–193, December 2017.
- [9] Sylvain Laubé. Maritimité et paysage culturel maritime : les apports du modèle « Any-artefact ». *Artefact. Techniques, histoire et sciences humaines*, (14) :293–316, October 2021. ISBN : 9782810707553 Number : 14 Publisher : Presses universitaires du Midi.
- [10] Ronan Querrec, Paola Vallejo, and Cédric Buche. MASCARET : creating virtual learning environments from system modelling. In *SPIE, Engineering Reality of Virtual Reality (ERVVR'13)*, volume 8649, pages 8649–04, United States, February 2013. SPIE.
- [11] Marie-Morgane Abiven. *Humanités numériques et méthodes de conservation et de valorisation des patrimoines maritimes : l'exemple des arsenaux de Brest et Venise*. Theses, Université de Bretagne occidentale - Brest, December 2019. Issue : 2019BRES0083.