
Interactions avec la sirène de Cagniard-Latour en réalité virtuelle

Ronan Gaugne*¹, Théophile Nicolas*², Dominique Bernard³, Julie Priser⁴, Marion Lemaire⁴, Meven Leblanc⁵, Jim Pavan⁶, Tom Roy⁶, Raphael Dupont⁶, Julie Ayoubi⁶, Marie-Marie Le Cornec⁶, and Valérie Gouranton⁶

¹Université de Rennes 1 – IRISA – France

²Institut National de Recherches Archéologiques Préventives (INRAP) – INRAP – France

³Université de Rennes 1 (UR1) – Université de Rennes I – Mission patrimoine scientifique- Commission Culture Scientifique et Technique, bat 6 , avenue Gal Leclerc, campus de beaulieu, 35042 Rennes Cedex, France

⁴Université de Rennes 1 – Université de Rennes I – France

⁵Ecole Supérieure d'Ingénieurs de Rennes [Rennes] – Université de Rennes 1, Université de Rennes – France

⁶Insa de Rennes – IRISA – France

Résumé

La sirène, due à Charles Cagniard de La Tour, est un instrument de mesure acoustique du 19^e siècle qui a fourni une méthode d'évaluation de la fréquence des sons. Inventée en 1820, le premier appareil a été construit en 1845. Il permet de produire du son au moyen d'un mécanisme basé sur un disque percé d'orifices équidistants, actionné par un flux d'air. Un compteur associé au mécanisme permet de mesurer le nombre de tours du disque. L'Université de Rennes 1 possède une telle sirène dans sa collection scientifique (<https://culture.univ-rennes1.fr/instruments-scientifiques>) (Bernard, 2018). L'équipe de conservation et de valorisation de cette collection s'est associée au projet de recherche pluridisciplinaire ANR-FRQSC INTROSPECT pour proposer une réplique numérique fonctionnelle de la sirène, dans un but de médiation scientifique.

Le projet franco-canadien INSTROSPECT, porté par l'INSA Rennes, associe des archéologues et des chercheurs en informatique. Il a pour objectif de proposer et concevoir des méthodes et outils innovants dans le domaine du patrimoine culturel, basés sur une combinaison d'imagerie numérique et de technologies 3D telles que la réalité virtuelle, la réalité augmentée ou l'impression 3D (Gaugne et Gouranton, 2019).

En archéologie, les processus scientifiques basés sur la Réalité Virtuelle (RV), la Réalité Mixte (RM) ou la Réalité Augmentée (RA) ont connu une augmentation considérable ces dernières années. L'archéologie virtuelle a été introduite pour la première fois par Reilly en 1990 et a été initialement présentée pour l'enregistrement des fouilles et la ré-excavation virtuelle à l'aide de technologies multimédias. De la même manière, Krasniewicz, en 2000, a proposé une infrastructure de visualisation à 360 ° pour aider les archéologues dans leurs travaux de recherche. Dans ce cas, l'archéologie virtuelle n'a pas été utilisée pour restaurer

*Intervenant

des connaissances, mais pour acquérir de nouvelles connaissances.

La XR (ou eXtended Realities) est un terme générique qui englobe la RV, RM et RA, elle est largement utilisée pour la valorisation du patrimoine culturel mais reste rarement utilisée à des fins scientifiques. Dans le cadre du projet INTROSPECT, nous montrons que les domaines de la XR et du patrimoine culturel peuvent bénéficier d'avantages mutuels déclenchés par des questions telles que :

- Comment la XR, considérée dans toute sa portée, de la science et de la technologie aux sciences humaines et aux sciences naturelles, peut-elle profiter à l'étude du patrimoine culturel ?
- Quels sont les défis scientifiques intrinsèques aux problématiques du patrimoine culturel ?

Les travaux du projet INTROSPECT visent en premier lieu à étudier et démontrer l'intérêt de ces technologies pour accompagner et améliorer les chaînes opératoires des archéologues (Nicolas, Gaugne, et al. 2018) ou des restaurateurs (Biron, Hurtin, et al. 2015), mais aussi pour en créer de nouvelles (Nicolas, Treyvaud et al. 2017, Lécuyer, Gouranton, et al. 2018, Gaugne, Nicolas et al. 2019). En complément de la démarche scientifique, les résultats obtenus bénéficient de l'apport des technologies 3D pour la valorisation et la médiation scientifique (Gaugne, Porcier et al. 2018, Gaugne, Samaroudi, et al. 2018, Gaugne, Labaune-Jean et al. 2020).

Dans le cas de la sirène, l'objectif est de reconstituer un double numérique de l'appareil et de lui associer un contexte de mise en fonction dans un environnement de réalité virtuelle. Cette reconstitution a vocation à accompagner les actions de médiation organisées par l'équipe chargée de la conservation de la collection scientifique de l'Université de Rennes 1. Elle constitue également un défi pour nos travaux par l'application de ses méthodes à un objet scientifique multi-matériaux. Afin de réaliser cet objectif, deux étapes distinctes sont nécessaires, la numérisation et la contextualisation.

L'étape de numérisation consiste à produire des données numériques en 3D qui vont constituer la copie virtuelle de la sirène. Au-delà de la simple reproduction visuelle en trois dimensions de l'enveloppe externe texturée, il est nécessaire de représenter également les mécanismes internes de l'appareil afin de pouvoir simuler son fonctionnement. Pour cela, trois techniques ont été combinées : Les différentes pièces amovibles de la sirène ont été passées aux rayons X, en tomographie (Jankowski et Ferretti, 2010) (Nicolas et al. 2016), afin d'accéder à leur structure interne. Elles ont ensuite été numérisées avec un scanner à lumière structurée (Zhang, 2018). Enfin, une CAO du mécanisme de mesure a permis de compléter l'ensemble des données numériques collectées.

La contextualisation a pour objectif de proposer une simulation fonctionnelle de l'appareil et de l'intégrer dans un environnement virtuel interactif afin de proposer à l'utilisateur, un contexte d'utilisation. La remise en contexte d'un objet patrimonial est un aspect fondamental des réalités synthétiques (XR) (Gaugne et Gouranton, 2020) telles que la réalité virtuelle ou augmentée. Elle permet de dépasser la représentation visuelle d'un objet en lui associant des interactions fonctionnelles, pour simuler un fonctionnement, ou opérationnelles, pour simuler une chaîne opératoire (Gaugne & Gouranton, 2018). Dans le cas de la sirène, le contexte d'interaction consiste à mettre en fonction l'appareil en réalité virtuelle, dans un environnement qui simule l'expérience de mesure sonore.

Dans la reconstitution de la sirène de Cagniard en réalité virtuelle, les données produites associées à une simulation interactive permettent d'aller au-delà de la visualisation documentaire. La mise en contexte fonctionnelle reproduit pour l'utilisateur l'usage de l'appareil scientifique. Mais la représentation en réalité virtuelle permet également de dépasser cette reproduction réelle. Il est possible de rendre visibles des éléments et phénomènes non perçus par l'utilisateur dans le monde réel. Une augmentation de la visualisation de l'appareil, par exemple à travers des rendus en transparences, accompagnés d'une représentation des

flux et de son impact sur le mécanisme de mesure assure une compréhension naturelle du fonctionnement de l'expérience originale.

Références

Bernard D (2018). *"Un trésor scientifique redécouvert : La collection d'instruments scientifiques de la faculté de sciences de Rennes (1840-1900)"*, Rennes en Sciences, pp.88-89, 2018, EAN 9782490401024

Biron M., Hurtin S., Nicolas T., Tavernier C., (2015), La tomographie des objets archéologiques complexes et /ou altérés : outil d'identification, d'analyse et d'aide à la décision pour les mesures conservatoires, *In Conservation-restauration des biens culturels, Cahier technique n°22, Restaurer l'ordinaire. Exposer l'extraordinaire ? Journée des Restaurateurs en Archéologie (JRA), Arles 2014, p. 41-44*

Gaugne R., F. Labaune-Jean, D. Fontaine, G. Le Cloirec, V. Gouranton. (2020) From the engraved tablet to the digital tablet, history of a fifteenth century music score. *Journal on Computing and Cultural Heritage*, Association for Computing Machinery, 2020, 13 (3), pp.1-18

Gaugne R., V. Gouranton. (2020) De la tomographie à l'interaction 3D en *eXtended Reality*, *Les nouvelles de l'archéologie*, 159 — 2020, 79-84.

Gaugne R., V. Gouranton. (2019) Le projet Introspect : archéologie et eXtended Reality (XR). *Les Rencontres du Consortium 3D SHS*, Florent Laroche ; Mehdi Chayani ; Xavier Granier ; Caroline Delevoie, Déc. 2019, Nantes, France.

Gaugne R., V. Gouranton. (2019) 3D pour l'archéologie : quelles interactions, pour quoi faire ? - *Archéologie : imagerie numérique et 3D*, Sylvie Eusèbe ; Théophile Nicolas ; Valérie Gouranton ; Ronan Gaugne, Juin 2018, Rennes, France.

Gaugne, R., T. Nicolas, Q. Petit, M. Otsuki, V. Gouranton. (2019), Evaluation of a Mixed Reality based Method for Archaeological Excavation Support. *ICAT-EGVE 2019 - International Conference on Artificial Reality and Teleexistence - Eurographics Symposium on Virtual Environments*, Sep 2019, Tokyo, Japan

Gaugne, R., S. Porcier, T. Nicolas, F. Coulon, O. Hays, Gouranton V. (2018) A digital introspection of a mummy cat. *Digital Heritage 2018 - 3rd International Congress & Expo, IEEE*, Oct 2018, San Francisco, United States.

Gaugne R., M. Samaroudi, T. Nicolas, J.-B. Barreau, Gouranton V. (2018) Virtual Reality (VR) interactions with multiple interpretations of archaeological artefacts. *EG GCH 2018 - 16th EUROGRAPHICS Workshop on Graphics and Cultural Heritage*, Nov 2018, Vienna, Austria

Jankowski A., G. Ferretti, (2010) Tomodensitométrie volumique : principe, paramètres, *Revue des Maladies Respiratoires*, Volume 27, Issue 8, 2010, Pages 964-969, ISSN 0761-8425, <https://doi.org/10.1016/j.rmr.2010.09.004>.

Krasniewicz L. (2000) Immersive imaging technologies for archaeological research. CAA: The 28th Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology, 843:163–169, 2000

Lécuyer F., V. Gouranton, R. Gaugne, T. Nicolas, G. Marchand, et al. (2018). INSIDE Interactive and Non-destructive Solution for Introspection in Digital Environments. *Digital Heritage 2018 - 3rd International Congress & Expo, IEEE*, Oct 2018, San Francisco, United States.

Nicolas T., R. Gagne, C. Tavernier, E. Millet, R. Bernadet, Gouranton, V. (2018) Lift the veil of the block samples from the Warcq chariot burial with 3D digital technologies. *Digital Heritage 2018 - 3rd International Congress & Expo, IEEE*, Oct 2018, San Francisco, United States. pp.1-8

Nicolas, T. & Treyvaud, G. & Favrel, Q. & Gagne, R. & Gouranton, V.. (2017). Photogrammétrie, lasergrammétrie, tomodesitométrie: Des outils numériques pour la caractérisation des chaînes opératoires céramiques. Archeopages. 10.4000/archeopages.3483.

Nicolas T., R. Gagne, C. Tavernier, V. Gouranton, B. Arnaldi (2016). La tomographie, l'impression 3D et la réalité virtuelle au service de l'archéologie. *Les Nouvelles de l'archéologie*, Maison des Sciences de l'Homme, 2016, pp.16-22

Reilly P. (1990) Towards a virtual archaeology. In *Computer Applications in Archaeology*, pages 133–139. Oxford: British Archaeological Reports, 1990

Zhang, S. (2018). High-speed 3D shape measurement with structured light methods: A review. *Optics and Lasers in Engineering*, 106, 119-131.