



HAL
open science

De l'usage à l'espace : prospective pour une rétro-architecture

Paul François, Florent Laroche, Françoise Rubellin, Jeffrey Leichman

► To cite this version:

Paul François, Florent Laroche, Françoise Rubellin, Jeffrey Leichman. De l'usage à l'espace : prospective pour une rétro-architecture. Colloque National S-mart/AIP-PRIMECA, Apr 2019, Les Karellis, France. hal-02093048

HAL Id: hal-02093048

<https://hal.science/hal-02093048v1>

Submitted on 8 Apr 2019

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.

De l'usage à l'espace : prospective pour une rétro-architecture

Paul François
LS2N, Centrale Nantes – L'AMo
1 rue de la Noë
Nantes – France
paul.francois@ls2n.fr

Françoise Rubellin
L'AMo - CETHEFI
Chemin de la Censive du Tertre
Nantes – France
francoise.rubellin@univ-nantes.fr

Florent Laroche
LS2N, Centrale Nantes
1 rue de la Noë
Nantes – France
florent.laroche@ls2n.fr

Jeffrey Leichman
French Studies Dpt.
Louisiana State University
Baton Rouge – Louisiana, USA
jleichman@lsu.edu

Résumé— *La restitution historique de bâtiments disparus nécessite de convoquer de nombreuses sources de formes différentes, mais aucune trace physique de l'élément à restituer. Afin de pallier cette difficulté, cet article entend proposer le recours à l'immersion virtuelle d'experts dans l'espace restitué. Cette immersion permet de susciter des commentaires conscients ou inconscients, de l'ordre du sensible, des postures corporelles, qui sont autant de sources supplémentaires permettant de guider ou de renseigner un processus de restitution historique. Nous prenons pour exemple les théâtres de la Foire Saint-Germain à Paris au XVIII^e siècle – pour lesquelles une importante documentation historique existe, mais aucun vestige archéologique – dans le but de proposer une première ébauche de méthodologie intégrant la sensibilité d'experts pour une rétro-architecture de ces espaces.*

Mots-clés— *Immersion Virtuelle, Knowledge Management, Rétro-Architecture.*

I. INTRODUCTION

Bien qu'il ait fallu attendre l'architecte Louis Sullivan à la fin du XIX^e siècle pour l'énoncer aussi simplement que « *form follows function* » (la forme suit la fonction), la question de la fonction et de l'usage des bâtiments a toujours revêtu un caractère essentiel dans le processus de conception architecturale. Pourtant, si l'approche fonctionnelle est une des bases de la rétro-ingénierie, permettant de reconcevoir ou d'améliorer la compréhension des systèmes techniques ou mécaniques disparus ou abandonnés [1], elle est à ce jour très peu répandue dans la restitution d'espaces.

Or, de nombreux édifices disparus, et notamment dans les périodes historiques qui nous sont les plus proches, sont connus d'avantage par la description de leurs usages que par les vestiges archéologiques qui, dans bien des cas, sont inexistantes. Il en va ainsi par exemple des espaces de théâtre de la Foire Saint-Germain au XVIII^e siècle qui servent de champ expérimental aux propos énoncés dans cet article, et dont il ne subsiste aujourd'hui plus que des traces littéraires ou iconographiques. La restitution des espaces de cette Foire est effectuée dans le

cadre du projet VESPACE (*Virtual Early Modern Spectacles and Publics, Active and Collaborative Environment*), qui entend permettre à terme de revivre en immersion virtuelle et interactive une soirée théâtrale à la Foire Saint-Germain au cours du XVIII^e siècle.

La différence de traitement entre la rétro-conception et la rétro-architecture, que nous tenterons de définir, doit selon nous son origine à la manière très différente de modéliser les fonctions rendues par les bâtiments et les objets techniques. Si les fonctions assurées par les seconds peuvent s'appuyer sur des services rendus (transmettre un couple), les premiers s'appuient sur des usages sociaux dont la modélisation peut être plus complexe.

Dans cet article prospectif, nous souhaitons mettre en avant de nouvelles manières d'intégrer l'usage complexe des lieux restitués dans le processus de rétro-conception. Il s'agit de permettre de confronter les restitutions architecturales à la réalité physique, architecturale mais aussi d'usage du passé. Grâce à cela, nous allons mettre en œuvre une méthodologie de restitution qui permette de travailler plus finement la question de l'appropriation par l'Homme des espaces qu'il crée, et ainsi de le replacer au cœur des préoccupations des historiens.

II. ÉTAT DE L'ART

Les expérimentations de rétro-ingénierie d'objets historiques sont nombreuses, elles concernent aussi bien des mécanismes liés à des bâtiments antiques [2], des machines de guerre [3] ou des machines de l'ère industrielle [4], afin d'améliorer nos connaissances sur les objets techniques du passé et éventuellement de les exposer dans un cadre muséal. L'archéologie industrielle elle-même s'attache à restituer le fonctionnement des différents composants qui formaient les ensembles ou objets industriels du passé, en s'appuyant sur de nombreuses sources et parfois sur les composants eux-mêmes. L'étude d'un site de forges du XIX^e siècle pourra ainsi autant porter sur les flux de marchandises, que sur le fonctionnement mécanique des machines dédiées à la production, comme c'est

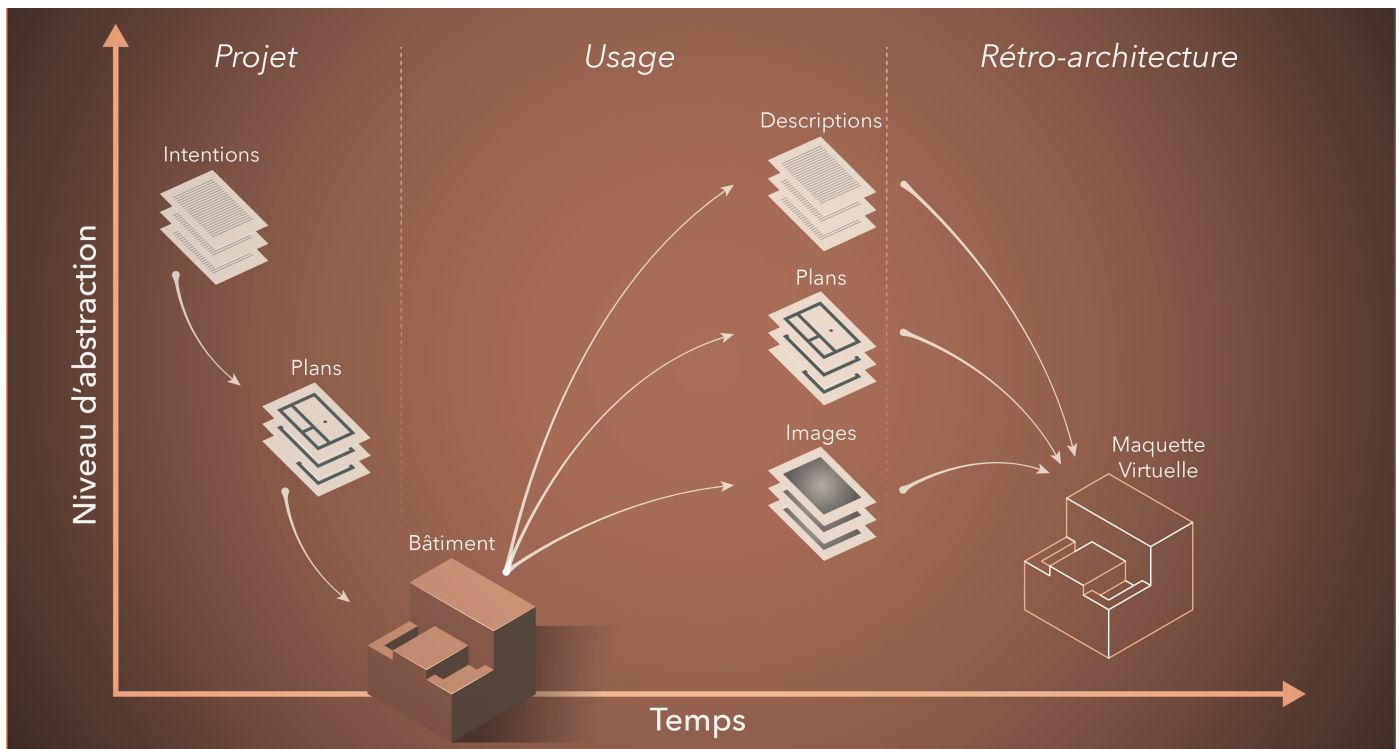


Figure 1. CYCLE DES NIVEAUX D'ABSTRACTION DEPUIS LES INTENTIONS DE PROJET JUSQU'AU BATIMENT, PUIS DURANT LA PHASE D'USAGE ET JUSQU'AU PROCESSUS DE RETRO-ARCHITECTURE

le cas par exemple aux forges de Brest [5]. Ce dernier projet montre l'intérêt de prendre en compte l'usage des forgerons dans le processus de restitution des bâtiments et machines industriels.

L'usage des technologies de numérisation tridimensionnelle (via l'obtention de nuages de points) a permis la définition de chaînes numériques permettant l'acquisition structurée de connaissances grâce et pour la rétro-conception [6]. L'objectif de ce type de démarche étant de produire un modèle numérique qui puisse traduire différents niveaux d'abstractions, du plus physique au plus conceptuel, chacun permettant d'améliorer nos connaissances sur différents aspects de l'objet étudié. Elle s'appuie sur cinq niveaux d'abstraction : physique (quelle est la matérialité de l'objet ?), logique (comment se comporte l'objet ?), fonctionnel (quelle est la fonction du produit ?), conceptuel (comment se définit le produit ?) et objectif (quel est le contexte du produit ?).

La finesse de cette démarche ne se retrouve généralement pas dans la manière d'aborder l'archéologie « architecturale » traditionnelle, appelée archéologie du bâti, puisqu'elle s'appuie avant tout sur le niveau physique, c'est à dire sur les informations géométriques et constructives liées au bâti. Les autres niveaux, pourtant abordés eux aussi, le sont dans un cadre macroscopique qui peut empêcher d'appréhender la diversité du niveau fonctionnel, celui de l'usage spatial. Par usage spatial, nous entendons la manière de se comporter dans un certain espace et les différentes possibilités que celui-ci offre pour des interactions physiques ou sociales.

Dans le cas de la restitution des rues de la Rome Antique, menée par le laboratoire du CIREVE à Caen [7], l'immersion en réalité virtuelle a permis aux chercheurs d'appréhender la fonction essentielle de la rue : celle de pouvoir se déplacer en

ville. L'immersion permet ainsi de mesurer les temps de déplacement entre différents points d'intérêt de Rome, et ainsi ajouter une dimension perçue à la taille de la ville. Les auteurs insistent sur l'intérêt de ce type d'observation puisque « comprendre le temps des déplacements est important pour comprendre les événements et les manières de penser ».

Le projet de restitution d'un navire de la Compagnie des Indes au XVIII^e siècle, La Boullongne, illustre également l'intérêt de s'attarder sur le niveau fonctionnel spatial [8]. Celui-ci entend reproduire en réalité virtuelle un navire et permettre de le manœuvrer dans un environnement marin virtuel, à partir de plans d'époque. La réalisation de cette expérience a néanmoins fait émerger des problématiques importantes concernant l'usage spatial du navire. Les auteurs suggèrent ainsi que la dimension des ponts interroge sur la capacité des marins à s'y déplacer, et même à se servir des canons.

III. DEFINITION ET PROBLEMATIQUE

À la lueur des problèmes posés par la restitution de bâtiments historiques détruits – dont les sources abordent de manière prépondérante la question des usages – et des méthodes de restitution classique centrées sur les vestiges historiques, nous pensons qu'il convient de mettre en place de nouveaux outils adaptés à ce que nous sommes tentés de nommer « rétro-architecture ». La « rétro-ingénierie » peut être définie comme un processus d'analyse de produits et d'objets pour en retrouver les techniques d'élaboration et de fabrication qui ont permis de les construire, ou dans le but d'en dévoiler les secrets, afin d'en identifier les faiblesses et les exploiter [9]. Par analogie et contraste, la « rétro-architecture », pourrait se définir comme un processus d'analyse de traces et d'images d'un bâtiment disparu pour en retrouver les techniques de conception et de

construction, et pour en produire un modèle numérique le plus fidèle possible. De la même manière que la rétro-ingénierie s'appuie sur l'objet physique à comprendre, la rétro-architecture peut s'appuyer sur les images ou descriptions du bâtiment et des pratiques qui s'y déroulaient, donc sur toutes les traces laissées par la phase d'usage.

Une différence notable entre ces deux approches est donc l'existence physique ou non de l'objet d'étude : dans la plupart des cas de rétro-ingénierie, l'objet ou le système à étudier est directement accessible. Dans le cas de la rétro-architecture, rendre accessible cet objet *via* une maquette virtuelle est un des objectifs de la démarche. La figure 1 montre donc comment ce processus doit s'appuyer sur les traces produites lors de la phase d'usage et éventuellement de la phase de conception du bâtiment afin d'en concevoir une nouvelle maquette virtuelle. Cette dernière est sensée cristalliser la somme des connaissances concernant le bâtiment concerné et est donc à un niveau d'abstraction supérieur au bâtiment lui-même.

La rétro-architecture ainsi définie, nous souhaitons nous intéresser à la manière d'intégrer la question des usages de l'espace au sein d'un processus de rétro-conception et de visualisation architecturale. Les usages qui nous préoccupent dans cet article prospectif sont principalement des usages sociaux, parce qu'ils sont prépondérants dans notre cas d'étude (les lieux de spectacles de la Foire Saint-Germain au XVIII^e siècle). Nous montrerons dans un premier temps les dispositifs à mettre en place pour réussir l'intégration de ces modèles sociaux dans le processus de rétro-architecture, puis nous nous attarderons sur son application future à notre cas d'étude.

IV. METHODE D'INTEGRATION DES USAGES DANS UN MODELE VIRTUEL

Le double objectif de la rétro-architecture étant de concevoir un modèle tridimensionnel du bâtiment étudié et d'améliorer sa compréhension globale, il convient de commencer par accumuler les données permettant une restitution. Après cela, non pas un seul mais deux modèles sont à concevoir : l'un est géométrique et prend la forme d'une maquette virtuelle, l'autre est un ensemble de relations définissant des usages et interactions sociales.

A. Sources convoquées

Les sources convoquées pour la rétro-architecture sont diverses et reflètent l'éventail de documents dont peuvent se servir archéologues ou historiens. Nous proposons deux manières de distinguer ces sources, soit par leur support, soit par les éléments qu'elles renseignent. Le support graphique permet de regrouper l'ensemble des sources prenant la forme de plans, images, photos, peintures, nuages de points, *etc.* Le support textuel, quant à lui, regroupe les descriptions scientifiques, techniques ou journalistiques, qui se veulent factuelles, les monographiques et toutes les œuvres littéraires qui par leur contexte, leurs descriptions, peuvent évoquer ou renseigner un bâtiment et ses usages. On pourra par exemple se confronter à des romans, des poèmes, des pièces de théâtre, et ce bien que ces documents ne soient pas instinctivement convoqués dans un processus de restitution.

Un dernier type de support est le support humain, sous la forme d'un ou plusieurs experts qui capitalisent à eux seuls de nombreuses connaissances et sont capables d'apporter des solutions ou éclairages à une entreprise de rétro-architecture. Par

le recours à l'annotation des modèles, et à l'enregistrement des commentaires des experts, il est ainsi possible de traiter l'intervention des historiens comme n'importe quelle source. Celle-ci peut être conservée, inventoriée, commentée, critiquée ou défendue, accroissant par la même occasion la robustesse des modèles conçus.

Ces sources peuvent renseigner plusieurs des aspects qui nous intéressent dans ce processus : l'histoire de l'objet de la restitution, sa forme et ses usages. Considérons seulement la forme et les usages : si la forme est naturellement mieux décrite par des sources graphiques, il n'en demeure pas moins que des sources textuelles peuvent apporter la précision des couleurs et matériaux qui peut faire défaut sur d'anciennes photographies ou des plans. L'étude approfondie des plans peut renseigner sur l'usage des espaces qu'ils décrivent, soit par comparaison avec d'autres bâtiments, soit grâce à l'apport d'experts. La photographie, de même que la peinture, pourront renseigner aussi bien la forme que les usages, en fonction de la manière dont l'auteur ou l'artiste aura choisi de faire figurer son sujet.

Dans tous les cas, ces sources doivent faire l'objet d'un travail minutieux d'analyse, en considérant que textes comme images sont le reflet des intentions de leurs auteurs, et non des vérités en soit. L'indexation et la conservation de l'ensemble de ces sources doit également être envisagé afin de pouvoir maintenir un lien entre les interprétations de ces documents (sous la forme de modèles) et les documents eux-mêmes.

B. Modèles à concevoir

Le premier modèle à concevoir est le modèle spatial, sous la forme d'une maquette virtuelle. De nombreux logiciels permettent d'ores et déjà de concevoir des modèles architecturaux virtuels, mais l'enjeu est ici de permettre de lier le modèle géométrique avec les sources qui ont permis sa réalisation. Idéalement, nous aimerions pouvoir identifier, pour chaque élément, les documents qui ont permis d'en spécifier sa position, sa forme et ses dimensions. Or, aucune de ces propriétés n'est issue d'un choix binaire de type « vrai » ou « faux » à partir de documents, mais plutôt d'une décision prise par le concepteur, aidé ou non par des experts. Ce processus de décision peut également faire l'objet d'un enregistrement [10]. De même, sur la base de cette documentation, il est possible d'imaginer un indice de confiance, basé notamment sur les principes de la logique floue, permettant d'établir le degré de certitude de représentation d'un élément dans la maquette virtuelle [11, 12]. La conception d'une interface reliant les informations spatiales et les sources ou processus de décision stockées dans une base de données et accessible en réalité virtuelle reste un verrou scientifique majeur, garantissant l'intégrité scientifique de la restitution en réalité virtuelle.

Le second modèle associé à la rétro-architecture est celui des usages. Il s'agit dans ce cas de rendre compte des différentes pratiques humaines et sociales, de leur emprise spatiale et de leur temporalité. Les modèles d'interactions sociales restent difficiles à aborder, et même si plusieurs formalisations basées sur l'UML ont déjà été réalisées [13], une ontologie simplifiée permettant de relier des situations (un moment associé à une étendue temporelle), des lieux, des protagonistes et des actions reste à énoncer : il s'agit là du second verrou scientifique majeur du projet. La modélisation des usages sociaux d'un lieu se fait principalement grâce aux sources écrites, qui peuvent renseigner sur des comportements attendus (descriptions scientifiques ou

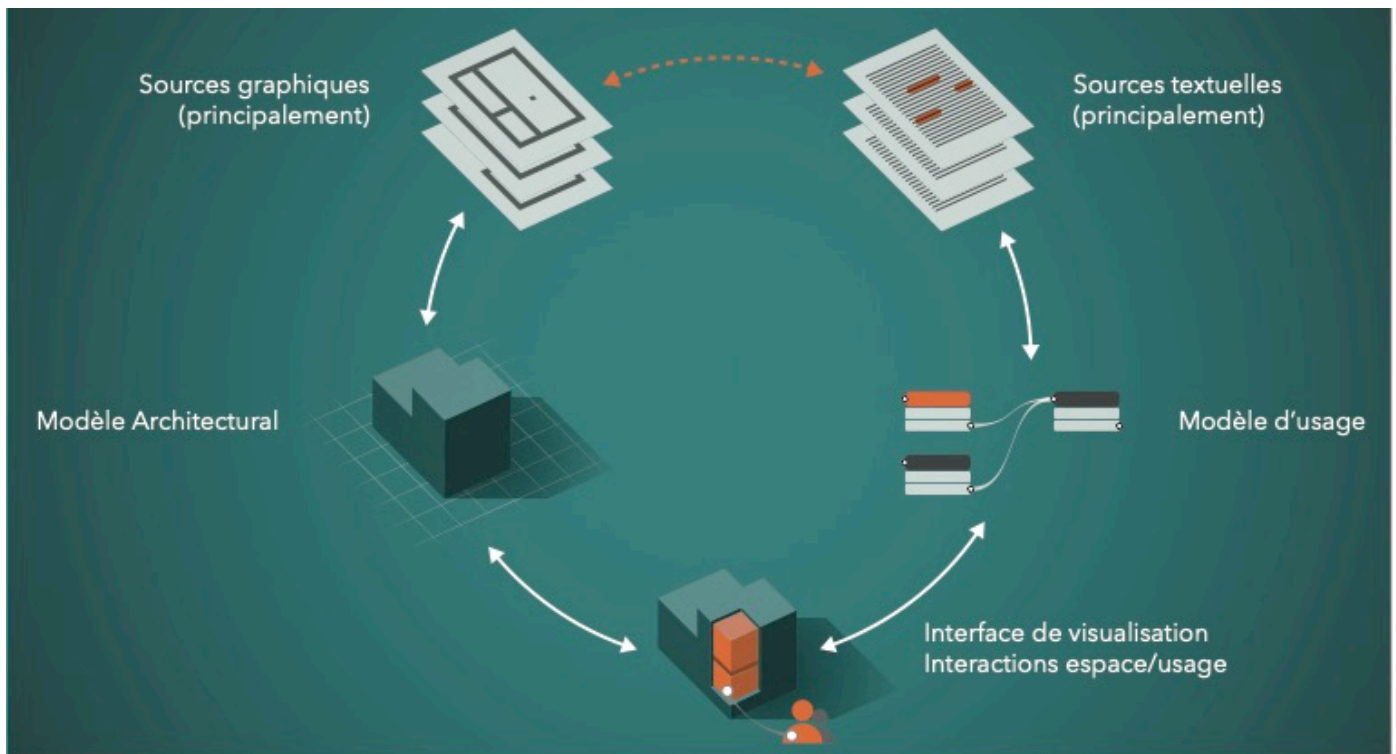


Figure 2. LIAISON ENTRE SOURCES GRAPHIQUES ET TEXTUELLES ET LES MODELES ASSOCIES, ET INTEGRATION DE L'ENSEMBLE DANS UN ESPACE DE VISUALISATION.

journalistiques), typiques (littérature) ou exceptionnels (rapports de police). Les images, comme les peintures ou plus récemment les photographies, permettent également de renseigner des usages. L'intégration de la temporalité est importante dans cette modélisation, puisqu'elle permettra à terme de visualiser si différentes pratiques s'évitent ou se chevauchent (par exemple, la répétition d'une pièce de théâtre ne mobilise par les même protagonistes qu'une représentation ordinaire, elles n'ont pas lieu au même moment mais se font dans le même espace).

(les documents relatant l'usage de certains locaux techniques ou d'entretien pouvant être inexistant, car jugés triviaux). Il faut donc accepter que certaines zones du modèle spatial ne fassent l'objet d'aucun usage, ou que des usages ne puissent être associés à aucun espace particulier.

V. METHODOLOGIE D'APPLICATION

Les modèles à concevoir et les documents utiles à cette conception étant détaillés, il reste à définir une méthodologie permettant la conception synchrone des deux modèles, et leur usage pour permettre d'enrichir et de compléter le travail de l'historien.

A. Conception synchrone des modèles

Le modèle spatial et le modèle d'usage ne sont pas disjoints : le modèle architectural est le cadre du modèle d'usages puisque ces derniers s'y déroulent. À partir du moment où il est possible de replacer les limites géométriques des espaces utilisés dans le modèle d'usage dans la maquette numérique, il est possible de visualiser de manière schématique les interactions entre les espaces, mais aussi entre les différents protagonistes au sein de ces espaces. Cela suppose de pouvoir attribuer à chaque lieu un usage, et à chaque usage un lieu, or, il n'existe pas *a priori* de bijection entre le modèle spatial et le modèle d'usage, pour plusieurs raisons. D'abord, certains usages peuvent se dérouler dans plusieurs espaces (il était ainsi possible au théâtre du XVIII^e siècle de boire et manger aussi bien au café qu'au parterre), ensuite, en raison de l'absence de sources certains espaces peuvent demeurer d'un usage inconnu, ou anecdotique

La conception synchrone des deux modèles permet de spatialiser la plupart des usages et l'apport de cette spatialisation est double : elle permet d'orienter fortement la restitution du bâtiment en vérifiant que les usages auxquels il doit se conformer sont bien possibles. Elle permet également de pouvoir visualiser, si ce n'est expérimenter, la manière dont l'espace rend possible, incite ou réfrène certaines pratiques. Un processus de rétro-architecture partant des usages les plus importants pour aller jusqu'aux plus triviaux permettrait donc de compléter de manière itérative les connaissances concernant un bâtiment donné. Pour une usine, on pourra ainsi s'intéresser successivement aux flux et outils de production, à l'administration, à l'entretien, etc.

Il convient donc d'imaginer à terme une interface permettant de faire le lien entre les deux modèles, et de visualiser au sein de la maquette numérique les interactions physiques et sociales du modèle d'usage. Cette interface permettrait également de visualiser les documents utilisés pour concevoir l'ensemble des modèles. Ce dernier point, à savoir un moyen de relier des modèles spatiaux à des modèles comportementaux, constitue le troisième verrou scientifique associé au projet. La figure 2 représente l'interaction entre les modèles et leurs sources et, puisque les liens entre sources et interprétations sont systématiquement conservés dans le processus, la manière dont des documents et leurs informations de type et de destination différents sont reliés par transitivité.

B. Usage du produit de la rétro-architecture

Nous avons précédemment insisté sur les bienfaits de la réalisation de ces modèles pour augmenter les connaissances sur un bâtiment. Mais le produit même de la rétro-architecture, à savoir une maquette numérique associant espace et usage permet d'imaginer de nouvelles formes d'interaction avec la restitution historique. En effet, s'il est déjà possible grâce aux technologies d'immersion en réalité virtuelle – *via* des casques de type HTC Vive ou Oculus Rift – de se déplacer dans des bâtiments du passé, le fait de renseigner les pratiques culturelles dans ces bâtiments permettrait également de représenter ces pratiques en immersion. Des avatars, conçus avec la même exigence scientifique que les espaces eux-mêmes, pourraient vaquer aux occupations dictées par le modèle d'usage et ainsi donner plus de vie et de réalisme à l'expérience d'immersion.

Prenant ainsi la forme d'une sorte de machine à remonter le temps, un tel outil permettrait de voir évoluer les historiens et experts dans une situation virtuelle au cœur de leur sujet d'étude. Devenu alors simultanément guide de bâtiment disparus et témoin d'une histoire simulée (sur la base de sources scientifiques), l'expert fournirait non seulement des retours sur la pertinence de ce qu'il voit, mais également des informations sur les postures, les trajectoires, les manières associées aux espaces visités. Autant d'informations acquises par les experts et que seule la pratique *in vivo* peut permettre de restituer.

Dans un avenir plus proche, le double modèle produit par la rétro-architecture pourrait permettre de simuler plus finement la manière dont le bâtiment se comportait dans un cadre d'usage normal, et de répondre à des questions sur la jauge maximale d'espaces recevant du public, la temporalité de certaines actions, *etc.* Il s'agit dans un cas comme dans l'autre de mettre en place les bases d'une simulation interactive intelligente capable de rendre compte du fonctionnement du système étudié, de la même manière que la simulation numérique d'un mécanisme permet de le voir répondre virtuellement à toutes ses fonctions. Cette simulation interactive intelligente, sous la forme d'un ensemble d'outils permettant l'enregistrement des visites en réalité virtuelle, forme le quatrième et dernier verrou scientifique majeur associé à ce projet.

VI. EXEMPLE D'APPLICATION PROSPECTIVE : LES THEATRES DE LA FOIRE SAINT-GERMAIN AU XVIII^E SIECLE

Le processus de rétro-architecture tel que décrit ci-dessus a été développé afin de répondre aux problématiques que pose spécifiquement le projet VESPACE (*Virtual Early-Modern Spectacles and Publics, Active and Collaborative Environment*), visant à faire revivre virtuellement une soirée théâtrale à la Foire Saint-Germain au XVIII^e siècle. Les lieux du théâtre de cette Foire ont disparu au début des années 1790, mais subsistent en revanche des traces iconographiques (peintures, plans, croquis), de nombreux rapports de police et une très grande production littéraire (pièces de théâtre, de marionnettes ou poèmes), témoins de la grande inventivité et du dynamisme des entrepreneurs de théâtres de la Foire [14].

La restitution des lieux de théâtre de cette Foire ne peut s'appuyer sur aucun vestige archéologique, en raison de la mutation importante du quartier depuis deux siècles, et de la nature éphémère des matériaux utilisés pour leur construction (le bois, principalement, sur des fondations). Dans le cadre de la restitution d'un théâtre de marionnettes, dont l'usage s'était répandu à la Foire, nous n'avons pu nous appuyer que sur une

seule source graphique : une miniature réalisée par le miniaturiste Louis-Nicolas von Blarenberghe vers 1770. Celle-ci dépeint l'intérieur d'un petit théâtre de marionnettes et la foule venue assister au spectacle prenant place dans le castelet. Cette image n'est néanmoins pas exempte de défauts puisqu'elle représente l'espace depuis un point de vue impossible et avec une perspective fautive qui le déforme. La miniature représente également plusieurs usages, des plus évidents, comme la représentation de marionnettes sur la scène, aux plus inattendus, comme la manière inconvenante de se tenir d'un des personnages du premier plan.

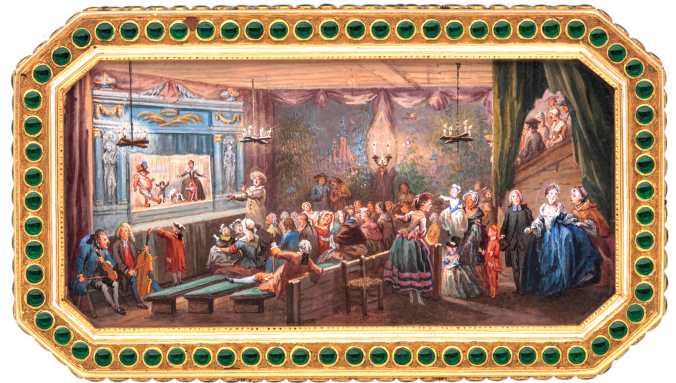


Figure 3. MINIATURE DE LOUIS-NICOLAS VON BLARENBERGHE (CREDIT : METROPOLITAN MUSEUM OF ART, NEW-YORK), ET MAQUETTE VIRTUELLE REALISEE.

Nous avons pu confronter dans un premier temps le modèle spatial réalisé à partir de l'interprétation de l'œuvre de Blarenberghe (Figure 3) aux usages les plus simples associés à cet espace : entrer, se déplacer et regarder la représentation. Cette confrontation a permis de remettre en cause la position des assises du parterre et de l'entrée, qui ne sont pas clairement lisibles sur la miniature, maximisant ainsi les places bien placées et évitant que les badauds sans billet à l'extérieur du théâtre ne puissent profiter du spectacle.

D'autres sources peuvent nous renseigner sur les manières de se comporter dans un théâtre au XVIII^e siècle et donc fournir les bases d'un modèle d'usage. Les rapports de police ont ainsi été fortement mis à contribution pour étudier le comportement du parterre dans un autre théâtre majeur de Paris : la Comédie-Française [15]. Ces rapports permettent d'établir de manière assez précise le type de population qui fréquentait l'endroit, la manière dont on accédait au théâtre, comment on achetait son billet, les risques dus aux pickpockets, *etc.* Par chance, une documentation de même nature existe pour les théâtres et théâtre de marionnettes de la Foire Saint-Germain [16], il semble donc

possible de construire le modèle d'usage correspondant. Ces pratiques sociales sont fortement spatialisées, il s'agit par exemple de jeu de séduction et/ou d'invectives entre les spectateurs du parterre et des premières loges, ou des interactions entre salle et scène. Au sein de modèles numériques de théâtres construits sur la base de plans sommaires, de peintures ou de descriptions, visualiser l'adéquation de l'espace avec les usages attendus (et attestés par les rapports de police) permettrait de s'assurer de la pertinence de la restitution.

Dans le théâtre de marionnettes restitué, le modèle fait apparaître d'ores et déjà quelques difficultés de correspondance entre les usages attestés et la morphologie du lieu. L'immersion en réalité virtuelle, par le biais d'un casque HTC Vive, a mis en exergue la relative exigüité de l'espace. Celle-ci rend le déplacement de femmes nobles, habillées avec des robes à la françaises ou à panier très volumineuses, difficile voire impossible entre les rangs. Cette première observation s'est vue confirmée par la modélisation d'un avatar doté d'une telle robe, qui ne peut se mouvoir que très difficilement dans l'espace. Une telle disposition implique peut-être, par exemple, que certaines places privilégiées devaient être réservées à ce type de spectateur, en leur garantissant un dégagement suffisant pour se mouvoir et s'installer confortablement.

VII. CONCLUSION

Dans cet article nous avons tenté de définir une nouvelle discipline à la frontière entre la rétro-ingénierie et l'archéologie du bâti : la rétro-architecture. Celle-ci s'appuie sur un ensemble de niveaux d'abstraction pour permettre de restituer un bâtiment dans son ensemble. Parmi ceux-ci, le niveau d'abstraction fonctionnel fait la part belle aux usages à l'intérieur de l'espace. Nous avons donc proposé une ébauche de méthodologie intégrant la modélisation de ces usages, à partir de sources très diverses, parallèlement à la réalisation d'un modèle spatial, dans le processus global de réalisation d'une maquette numérique. À l'issue du processus de rétro-architecture, on obtient donc non seulement une maquette proposant la restitution de l'état d'un bâtiment à un moment donné, mais également des situations d'usage qui permettent d'en renseigner le fonctionnement et d'imaginer en faire la simulation.

S'agissant d'une approche centrée sur l'usage, elle questionne évidemment le rapport sensible à l'espace. Or, il reste encore à pouvoir intégrer cet aspect subjectif mais essentiel de la perception architecturale dans le processus de restitution, par le biais de l'immersion en réalité virtuelle. Pour réaliser ce projet, nous avons mis en exergue quatre verrous scientifiques majeurs, à savoir : la gestion des sources associées directement au modèle spatial ; une ontologie simplifiée permettant de modéliser des usages ; un outil de confrontation du modèle spatial et du modèle d'usages ; l'enregistrement et l'analyse des données issues des visites en réalité virtuelle.

VIII. REFERENCES

- [1] F. LAROCHE, A. BERNARD, M. COTTE. « A new methodology for a new life of old technical machines ». *CIRP Design Seminar 2006*. 2006.
- [2] M. QUANTIN, F. LAROCHE, N. ANDRÉ, F. VILLEDIEU. Rétroconception et maquettage d'un bâtiment mécanique de la Rome antique. *15^e Colloque National AIP-Priméca*. 2017.
- [3] K. SAMMOUR. *Les machines de siège romaines : restitution virtuelle, contextualisation et médiation*. Thèse de doctorat. Université de Normandie. 2017.
- [4] F. LAROCHE. *KLM for Heritage, Mémoire d'Habilitation à Diriger des Recherches*. Université de Nantes, 2017.
- [5] M-M. ABIVEN, S. LAUBÉ, R. QUERREC, et al. Histoire des paysages portuaires et humanités numériques. Document de travail. 2017.
- [6] M. I. OUAMER ALI, F. LAROCHE, S. RÉMY, A. BERNARD. Structuration de la connaissance dans le cadre de la rétro-conception de systèmes mécaniques. *Colloque de l'AIP PRIMECA*. La Plagne, 2015.
- [7] P. FLEURY, S. MADELEINE, N. LEFÈVRE. A Roman Street at the Time of Constantine: Interactive Visit with Access to Ancient Source Materials. *Across Space and Time, Papers from the 41st Conference on Computer Applications and Quantitative Methods in Archaeology*. Amsterdam University Press, 2013.
- [8] J. B. BARREAU, F. NOUVIALE, R. GAUGNE, Y. BERNARD, S. LLINARES. An immersive Virtual Sailing on the 18th-Century Ship La Boullongne. *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, MIT Press, 2015.
- [9] M. I. OUAMER ALI, F. LAROCHE, A. BERNARD, S. RÉMY. Toward a methodological knowledge-based approach for partial automation of reverse engineering. *24th CIRP Design Conference*. Milan, 2014
- [10] U. DAMNJANOVIC, S. HERNON, G. IANNONE. Documentation of the decision-making process in the analysis of digital heritage objects. *Digital Heritage International Congress*. Marseille, 2013.
- [11] E. DEJSARDIN, O. NOCENT, C. de RUNZ. Prise en compte de l'imperfection des connaissances depuis la saisie des données jusqu'à la restitution 3D. *Archeologie e Calcolatori*, Supplemento 3. 2012.
- [12] S. HERNON, J. NIKODEM, C. PERLINGIERI. Deconstructing the VR – Data Transparency, Quantified Uncertainty and Reliability of 3D Models. *VAST06: The 7th International Symposium on Virtual Reality, Archaeology and Intelligent Cultural Heritage*. 2006.
- [13] V. D. PARUNAK, J. ODELL. Representing Social Structures in UML. *Agent-Oriented Software Engineering*. Springer. Berlin, 2002.
- [14] F. RUBELLIN. Historiographie des théâtres de la foire : pour en finir avec le populaire ? *Cahiers de l'Association Internationale des Études Françaises*, 70. 2018.
- [15] J. S. RAVEL. Le théâtre et ses publics : pratiques et représentations du parterre à Paris au XVIII^e siècle. *Revue d'Histoire Moderne et Contemporaine* 49-3. 2002.
- [16] E. CAMPARDON. *Les spectacles de la Foire, Théâtres, Acteurs, Sauteurs et Danseurs de corde, Monstres, Géants, Nains, Animaux curieux ou savants, Marionnettes, Automates, Figures de cire et Jeux mécaniques des Foires Saint-Germain et Saint-Laurent, des Boulevards et du Palais-Royal, depuis 1595 jusqu'à 1791*. Paris, 1877.