

Verspera, du plan d'époque à la visite virtuelle : une fructueuse collaboration interdisciplinaire

Verspera, from Historical Plans to Virtual Visits: A Successful Multidisciplinary Collaboration

Michel Jordan, Delphine Desbourdes, Nicolas Priniotakis, Wassim Swaileh, Benjamin Ringot et Mathieu da Vinha



Édition électronique

URL : <https://journals.openedition.org/revuehn/3444>

DOI : [10.4000/revuehn.3444](https://doi.org/10.4000/revuehn.3444)

ISSN : 2736-2337

Éditeur

Humanistica

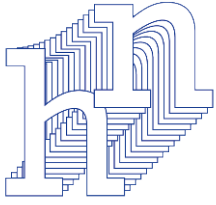
Référence électronique

Michel Jordan, Delphine Desbourdes, Nicolas Priniotakis, Wassim Swaileh, Benjamin Ringot et Mathieu da Vinha, « *Verspera*, du plan d'époque à la visite virtuelle : une fructueuse collaboration interdisciplinaire », *Humanités numériques* [En ligne], 7 | 2023, mis en ligne le 01 juillet 2023, consulté le 14 juillet 2023. URL : <http://journals.openedition.org/revuehn/3444> ; DOI : <https://doi.org/10.4000/revuehn.3444>



Creative Commons - Attribution 4.0 International - CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Verspera, du plan d'époque à la visite virtuelle : une fructueuse collaboration interdisciplinaire

Verspera, from Historical Plans to Virtual Visits: A Successful Multidisciplinary Collaboration

Michel Jordan, Delphine Desbourdes, Nicolas Priniotakis, Wassim Swaileh, Benjamin Ringot et Mathieu da Vinha

Résumés

La recherche en sciences du patrimoine est une recherche interdisciplinaire. Dans le cadre du projet *Verspera*, historiens, archivistes, conservateurs et informaticiens se sont associés autour du très riche corpus des plans d'Ancien Régime du château de Versailles, pour en assurer la numérisation, la préservation et la diffusion vers le grand public et les professionnels, et pour en proposer une exploitation sous forme de modélisations tridimensionnelles et de visites virtuelles. Cet article revient sur les différentes phases du projet et souligne la richesse et l'intérêt du travail interdisciplinaire pour l'étude de tels objets du patrimoine.

Research in cultural heritage sciences is an interdisciplinary work. In the *Verspera* project, historians, archivists, curators and computer scientists worked together on the very rich corpus of the Ancien Régime plans of the Château de Versailles. The *Verspera* project aimed to digitise, preserve and share this corpus with the general public, and to exploit it as 3D models and virtual visits. This paper summarises the different stages of the project and emphasises the breadth and interest of interdisciplinary work for the study of such a cultural heritage object.

Entrées d'index

MOTS-CLÉS : patrimoine, numérisation, imagerie, multimédia, apprentissage automatique, interdisciplinarité

KEYWORDS: heritage, digitisation, image processing, multimedia, machine learning, interdisciplinarity

Introduction

- 1 Le château de Versailles est l'un des rares, si ce n'est le seul, monument français pour lequel nous disposons d'un corpus très complet de plans et d'autres documents graphiques relatifs à sa construction et son aménagement sous l'Ancien Régime. Ces plans sont essentiellement conservés dans les fonds des Archives nationales (7 500 dessins, principalement du fonds du secrétariat d'État de la Maison du roi sous l'Ancien Régime mais aussi dans la série VA et les sous-séries F¹³ et F²¹, NI Seine-et-Oise, NII Seine-et-Oise et NIII Seine-et-Oise), mais également à la Bibliothèque nationale de France (1 000 dessins de la collection Robert de Cotte et de la section topographie du département des estampes et photographie). Il est vraisemblable que peu de monuments européens disposent d'un corpus similaire. Un tel fonds documentaire est évidemment une richesse en elle-même, en plus d'être une source d'études et de connaissance précieuse pour les historiens, les historiens de l'architecture et les historiens de l'art.
- 2 Le projet *Verspera* (*Versailles en perspectives aux Archives*¹), initié en 2013 par le Centre de recherche du château de Versailles (CRCV), avec la collaboration des Archives nationales, de la Bibliothèque nationale de France (BNF) et du laboratoire ETIS (Équipes traitement de l'information et systèmes) de CY Cergy Paris Université, et le soutien financier de la Fondation des sciences du patrimoine et du ministère de la Culture et de la Communication, s'est donné un triple objectif vis-à-vis de ce fonds : préserver ces dessins prestigieux mais particulièrement fragiles ; les mettre à disposition des scientifiques intéressés comme du grand public par la numérisation et la publication sur Internet ; développer à partir de ces images numérisées des outils de visualisation en trois dimensions permettant l'immersion dans des espaces aujourd'hui disparus ou profondément modifiés (Jordan et Ringot 2020).
- 3 Nous proposons dans cet article un retour sur l'ensemble du projet incluant nos récents développements en analyse d'images et les utilisations du corpus et des numérisations lors d'événements culturels. Nous proposons également quelques éléments de réflexion à partir de notre expérience de recherche interdisciplinaire.
- 4 Dans la première partie de cet article, nous présentons le corpus du projet *Verspera*, ainsi que les techniques mises en œuvre pour la restauration, la numérisation et la conservation des documents. Les documents numérisés sont mis en ligne et ont été exploités de diverses manières, que nous décrivons ensuite. Dans une deuxième partie, nous

revenons sur les développements logiciels réalisés dans le cadre du projet, ainsi que sur les travaux en infographie réalisés sur quelques espaces emblématiques du château et les questions soulevées par ces travaux. Enfin, nous tirons quelques éléments de réflexion de ce projet pluridisciplinaire dans le domaine des sciences du patrimoine.

De la numérisation à la publication en ligne

Présentation du corpus

⁵ Né du besoin immuable des chercheurs de consulter les dessins représentant le château, les jardins et les dépendances de Versailles, le corpus du projet *Verspera* a été pensé dès le départ du projet comme un réceptacle devant permettre de rassembler virtuellement l'essentiel des dessins d'architecture qui documentent le château de Versailles sous l'Ancien Régime et ce quel que soit le lieu de leur conservation. Ses contours devaient également répondre aux impératifs de l'octroi du financement du projet par la Fondation des sciences du patrimoine. C'est ainsi qu'il fut choisi de faire numériser à la fois les documents graphiques conservés aux Archives nationales, issus principalement de l'administration des Bâtiments du roi en charge des résidences royales, mais aussi ceux du fonds dit Robert de Cotte de la Bibliothèque nationale de France, issus de l'agence d'architecture des premiers architectes du roi. Ainsi constitué, ce premier corpus devait d'ores et déjà permettre de réunir le plus grand ensemble d'archives ayant été produites tant pour les « dedans » (le château en lui-même) que pour les « dehors » (jardins, Grand Trianon et Petit Trianon, communs et de nombreux bâtiments et ouvrages civils dans la ville de Versailles ²).

⁶ Ainsi, à ce jour, ce sont près de 9 000 plans, coupes et élévations, tracés à l'encre de Chine ou au crayon noir, agrémentés de lavis gris, vert, jaune ou rose, qui constituent le corpus *Verspera*. Ce dernier a ainsi été extrait grâce à un récolement méthodique dans les fonds des deux institutions partenaires, travail facilité par l'existence dans les deux cas d'inventaires papier réalisés durant les deux dernières décennies du ^{xx}^e siècle : Danielle Gallet-Guerne, en collaboration avec Christian Baulez a publié dès 1983 le premier volume de son catalogue des dessins de Versailles conservés aux Archives nationales (Gallet-Guerne et Baulez 1983). François Fossier s'était quant à lui employé à dresser l'inventaire du fonds Robert de Cotte (Fossier 1996). Au-delà de la simple variété graphique, cet ensemble présente tout aussi bien des relevés plus ou moins détaillés de l'existant que des projets ayant été menés à bien ou non. En effet, l'absence de programme préétabli au long terme a entraîné à Versailles un chantier quasi permanent sur l'ensemble des bâtiments, depuis les années 1660 jusqu'à la Révolution, induisant une production d'esquisses ou de plans au net considérable (Tiberghien 2002).

⁷ À noter que, malgré le grand nombre de dessins et une chronologie étendue – depuis les années 1660-1670 jusqu'au début du ^{xix}^e siècle –, le corpus final de *Verspera* se révèle être d'une grande homogénéité. Cela s'explique notamment par le fait que la majorité des dessins rassemblés (7 500 conservés aux Archives nationales) proviennent d'un unique pro-

ducteur, les Bâtiments du roi. Cela s'explique également par la structuration de cette administration, qui a été rationalisée et accrue suite à la création d'un véritable bureau des dessins et plans en 1699, après la nomination de Jules Hardouin-Mansart à la tête de la surintendance. Cela s'explique enfin par une politique de conservation des archives mise en œuvre dès Colbert (Jugie 2011). Ainsi, jusqu'à la Révolution, les dessinateurs des Bâtiments du roi représentent Versailles sous toutes les coupures et ces dessins constituent aujourd'hui une source incontournable pour les chercheurs sur l'évolution architecturale du château, de ses dépendances et de la ville royale.

Restaurer, conserver et numériser des dessins d'architecture

8 Éminemment prestigieux, le corpus *Verspera* n'en demeure pas moins fragile. En effet, les dessins d'architecture oscillent entre l'archive administrative et l'œuvre graphique. Leur format varie, allant de quelques centimètres comme le croquis tracé de la main tremblante de l'architecte du roi Ange-Jacques Gabriel³, à des dessins à grandeur d'exécution, tel le profil d'un entablement ionique (178 × 95 cm) destiné à guider un sculpteur du chantier du Grand Degré de l'aile Neuve en 1773⁴. La couleur joue également un rôle fondamental dans de nombreux dessins du corpus, soit pour apporter des informations complémentaires (différences d'états, de niveaux, de matériaux... le tout selon une codification précise), soit pour rendre un projet plus vivant. Enfin, les dessinateurs recourent régulièrement au système des retombes, petite feuille collée par une patte sur une partie du document, afin de figurer un même espace avec différentes variantes ou niveaux sans avoir à démultiplier les plans, coupes ou élévations.

9 Une attention particulière a donc été portée aux spécificités des dessins d'architecture dans les étapes de restauration, de conservation et de numérisation qui ont précédé la mise en ligne du corpus *Verspera*. Aux Archives nationales, 750 dessins en état précaire ont été repérés grâce à un long et minutieux récolement et ont bénéficié d'une campagne de restauration minutieuse, conduisant au sauvetage de certains plans très dégradés. Un nouveau système de conditionnement en rouleaux sur-mesure a par exemple été mis en place, notamment pour les grands formats, afin de toujours mieux conserver ce fonds précieux.

10 Les conservateurs en charge de fonds de dessins⁵ font ainsi face à un profond dilemme : la manipulation répétée constitue l'un des plus grands risques de dégradation de ce type de documents mais leur consultation demeure essentielle pour les chercheurs en sciences humaines, telles que l'histoire, l'histoire de l'architecture ou l'histoire de l'art. En ce sens, la numérisation et la mise en ligne offrent un compromis entre diffusion de ces fonds au plus grand nombre tout en les préservant : on incitera en effet les chercheurs à visualiser en premier lieu l'image numérisée avant, si nécessaire, d'autoriser une consultation *in situ* du dessin.

11 Aux Archives nationales, l'étape de numérisation de dessins d'architecture a requis une procédure rigoureuse de prises de vues afin d'assurer l'unité graphique et la haute résolution (300 DPI) de toute la campagne de clichés. Même si une partie de la numérisation du corpus a

pu être externalisée, les documents les plus fragiles et les plus complexes (à cause de leur taille ou du grand nombre de retombes) ont été photographiés en interne, dans l'atelier du site de Pierrefitte-sur-Seine qui bénéficie d'un matériel adapté à ce type d'opération : numériseur à plat pour les moyens formats, plateau à aspiration et aimantation, dos numérique matriciel relié à un ordinateur (figure 1) pour les plus grands documents (jusqu'à 5 mètres). Pour un seul dessin, les prises de vues ont pu être démultipliées afin d'être exploitables. Les retombes, allant jusqu'à une quarantaine par plan, doivent être photographiées relevées puis rabattues ; les grands formats ont, eux, été segmentés en plusieurs clichés, recomposés minutieusement en une seule image par les photographes des Archives nationales grâce à un logiciel de DAO.

Figure 1. Équipement de numérisation pour les très grands formats



Plateau (de 3,5 × 5 m) de prise de vue à tableau à aimantation pour les très grands formats : dos numérique matriciel

Archives nationales

12

Dans le cas des fonds conservés par la Bibliothèque nationale de France⁶, la majorité des 800 dessins du corpus, issues du fonds Robert de Cotte étaient déjà consultables en ligne sur le portail Gallica ; les documents tirés du fonds topographique ont, eux, fait l'objet d'une campagne de numérisation spécifique au projet *Verspera*.

Mise en ligne et exploitation du corpus

13 « Comment ne pas rêver d'un inventaire illustré, qui aurait permis aux chercheurs de résoudre beaucoup de problèmes sans avoir à recourir aux originaux ? On devine les obstacles matériels qui interdisent actuellement de concevoir pareil objet » (Jestaz 1985) : objet des regrets de Bertrand Jestaz en 1985 dans son compte rendu de lecture de l'inventaire des dessins d'architecture de Versailles dressé par Danielle Gallet-Guerne, les limites imposées par l'édition classique sont aujourd'hui repoussées grâce à la numérisation et à la mise en ligne de plus en plus répandue des documents anciens, dans une ampleur inégalée jusqu'alors. Dans le cadre de la convention de partenariat du projet *Verspera*, plusieurs campagnes de publication en ligne des images du corpus ont ainsi été programmées ou réalisées : celles mises en œuvre par les deux institutions partenaires conservant les documents – sur la salle des inventaires virtuelle (SIV) pour les Archives nationales et sur Gallica pour la Bibliothèque nationale de France – et une centralisation des fonds sur la banque d'images du Centre de recherche du château de Versailles.

14 La réunion des différents fonds a induit une grande masse de données dont le traitement est aujourd'hui simplifié par l'informatique : les Archives nationales et la Bibliothèque nationale de France ont ainsi fourni au Centre de recherche du château de Versailles les données issues de leurs récolements respectifs et correspondant à près de 16 000 images. Suivant le rythme de traitement des fichiers de récolement par les Archives nationales, les fonds de cette institution ont été divisés en plusieurs migrations pour faciliter ce travail de longue haleine : à titre d'exemple, les images des « dedans » du château, constituant le premier corpus numérisé dit AN1, ont été livrées au Centre de recherche du château de Versailles dès 2016 pour être migrées sur la banque d'images fin 2017. Plus d'une année de travail a en effet été nécessaire à l'équipe du Centre pour préparer un tableau de migration de trente-huit colonnes et d'autant de lignes que de clichés (plus de 2 000 pour cette première migration). Grâce à la mise en place d'une charte de saisie rigoureuse, la relecture ligne à ligne a permis d'harmoniser l'ensemble des données (format des cotes, des titres forgés, des descriptions, de la datation, vérification de la correspondance entre une image et sa notice) et ce malgré un travail à plusieurs mains.

15 Afin de compléter les informations fournies grâce aux récolements menés par les Archives nationales et la Bibliothèque nationale de France, le travail du Centre est allé au-delà de la simple mise en forme : toutes les inscriptions présentes dans les dessins ont été retranscrites et toutes les prises de vues, recto comme verso, décrites. Une opération d'indexation unifiée a été menée afin de permettre une recherche croisée entre les différents fonds. Enfin, partant de l'historiographie la plus récente, les datations, localisations et identifications de personnes ont pu être corrigées ou affinées.

16 À titre d'exemple, l'inventaire des plans de Versailles dressé en 1983 identifiait un plan⁷ des cabinets du Petit Appartement du roi comme la « pièce des chiens » et le datait de 1732 (Gallet-Guerne et Baulez 1983). Or, nous savons aujourd'hui, grâce à l'étude de Jean-Claude Le Guillou (1985), qu'il s'agit d'un projet d'aménagement d'un petit appartement des bains

pour Louis XV au pourtour de la cour des Cerfs, que l'on peut dater précisément de l'année 1728 : la notice sur la banque d'images du Centre de recherche du château présente ainsi le dernier état des connaissances (figure 2). De nombreux plans d'appartements de courtisans ont également été mieux localisés et datés grâce aux travaux de William Ritchey Newton (2000) sur les logements de la cour à Versailles.

Figure 2. Notice d'un plan du corpus *Verspera* dans la banque d'images du Centre de recherche du château de Versailles

Château de Versailles. Plan des nouveaux aménagements pour les bains du Roi au premier étage, au pourtour de la cour des Cerfs, [1728]

Fonds : Archives nationales (Paris)

N° d'identification : O/11771, dossier 1, n°8

Auteurs(s) : Agence des Bâtimens du roi (producteur)

Période : XVIIIe siècle

Date : [1728]

Technique / Matière : Traité d'arcade de Chine, murs peints à l'arcade de Chine, laite granat, ocre, bleu.

Dimensions : 33 x 33 cm - Ech. : 47 mm/fois

Description : Plan représentant la chaise et le cabinet particulier et projet pour la pièce des miroirs, la chambre des bains et son arceau. Selon Gallet-Guérin et Soulez, pièce des miroirs. Une rétrospective d'ensemble avec réserve et chaudron.

Inscriptions et marques : Annoté au verso à la mine de plomb : « Ancien Plan des anciens Palais appartenans »

Bibliographie : D'après Archives nationales, Versailles, Division d'architecture de la direction générale des Bâtimens du roi, tome I : Le château, les jardins, le parc. Travaux, catalogue établi par Danielle Gallet-Guérin avec la collaboration de Christian Boutez, Paris : Archives nationales, 1982, tomes n°203

Jean-Claude Le Gallez, « La création des cabinets et des petits appartements de Louis XV au château de Versailles, 1722-1738 », *Gazette des beaux-arts*, août 1985, p. 138

Mots-clés : château de Versailles (Vielvres) ; corps central (château de Versailles) ; Petit Appartement du Roi (château de Versailles) ; pièce des miroirs ; plan architectural ; premier étage (château de Versailles, corps central) ; projet d'architecture ; Versailles (Vielvres)

Permalien : <http://www.lair.guestimages.chateauversailles-icf.fr/ma/11771?query=search=objetnumero=O/11771,%20dossier%201,%20n%C2%806&showtype=record>

Verspera/CRCV

17 Depuis 2019, les fonds de la Bibliothèque nationale de France ont également été migrés sur la banque d'images du Centre de recherche du château de Versailles, augmentant le nombre de dessins disponibles à 2 780. La deuxième migration des Archives nationales, le corpus AN2, qui concerne, lui, les jardins, le parc, les Grand Trianon et Petit Trianon est en cours de traitement par le Centre et sera mis en ligne pour la fin de l'année 2024.

18 Ainsi qu'il l'a déjà été mentionné, l'un des objectifs du projet *Verspera* est la diffusion des dessins de Versailles auprès de la communauté scientifique comme du grand public pour lequel l'accessibilité est facilitée par la multiplication des plateformes de mises en ligne. La présence d'une première partie du corpus sur la banque d'images du Centre de recherche du château de Versailles a déjà permis aux chercheurs et aux conservateurs de profiter de cet outil de consultation dématérialisée. Celui-ci offre un accès illimité aux sources pour les chercheurs du monde entier. Si la perte du contact physique avec l'archive ou l'œuvre peut rebuter, la haute définition des numérisations présente toutefois un niveau de détails dépassant les capacités de l'œil nu. Ainsi, le corpus *Verspera* a déjà servi de catalogue pour la présélection d'œuvres dans le cadre de plusieurs expositions, notamment pour « Versailles. Architectures rêvées 1660-1815 », présentée au château de Versailles au printemps 2019. Grâce à une numérisation de grande qualité, le corpus *Verspera* forme un important recueil iconographique, objet de sollicitations régulières dans le cadre de publications scientifiques. Les clichés du corpus rencontrent plus volontiers un public plus large en illustrant les docu-

mentaires tournés sur le château de Versailles, comme ce fut le cas pour *Versailles, le palais retrouvé du Roi Soleil*, une coproduction Arte France, Gédéon programmes et CNRS Images.

19

L'ADN du projet *Verspera* est également de s'inscrire et d'alimenter d'autres initiatives liées aux humanités numériques et à la diffusion des connaissances sur le château de Versailles. Le projet *Immersailles*⁸, qui réunit le Centre de recherche du château de Versailles, l'université Gustave Eiffel (département informatique de l'IUT de Marne-la-Vallée) et l'université Rennes 2, a pour objectif de géolocaliser sur des plans d'époque les habitants ou affectataires des appartements du château de Versailles (figure 3). Le géoréférencement des locataires nécessite des plans complets, de tous les niveaux du château, et réalisés à une date précise, afin de respecter une cohérence chronologique : les chercheurs d'*Immersailles* ont ainsi pu, grâce à la densité du corpus *Verspera*, déterminer trois dates-clés, couvrant les règnes de Louis XIV (1715), Louis XV (1732) et Louis XVI (1777). Pour chaque période, un plan général du château, servant de fond de carte, a ensuite été forgé par assemblage sous Photoshop. Chaque géoréférencement est relié à une fiche biographique de l'habitant du lieu, alimentée par d'autres outils existants (telle la base biographique du Centre de recherche du château de Versailles). *Immersailles*, par les liens qu'il crée entre différents projets d'humanités numériques, développe les connaissances sur la question complexe du logement à Versailles tout en diffusant cette dernière grâce une interface aussi bien destinée aux chercheurs qu'au grand public.

Figure 3. Site du projet *Immersailles* avec les plans du projet *Verspera* utilisés comme fond de carte

IMMERSAILLES Accueil Projet Equipe Sources Améliorations Résidents/Lieux

Années
○ 1715
● 1732
○ 1777

Niveaux
○ 2^e étage entrées
○ 2^e étage
○ 1^{er} étage entrées
○ 1^{er} étage
○ Rez-de-chaussée entrées
○ Rez-de-chaussée
○ Rez-de-cour entrées
○ Rez-de-cour
○ Caves

Résidents
■ Famille royale (2)
■ Famille royale (3)
■ Hommes de cour
■ Femmes de cour
■ Lieux affectés à une charge

Fleury (Hercule-André, cardinal de)

WIKIDATA

Naissance : 22/06/1653
Mort : 29/01/1743

NOTICE CRCV

Nom : Fleury (Hercule-André de)
Autres(s) appellations(s) : dit l'ancien évêque de Fréjus
Dates : 22/6/1653 - 29/1/1743
Événements historiques : France (royaume de)
Pays actuels(s) : FRANCE
Fonctions : aumônier du roi ; aumônier de la reine ; évêque de Fréjus ; précepteur du dauphin ; ministre d'État ; cardinal ; grand aumônier de la reine ; abbé commendataire de Saint-Étienne de Caen ; abbé commendataire de Tournay ; premier aumônier du roi
Remarques biographiques :
Né à Lodève le 22 juin 1653 de Jean de Fleury et de Diane de La Heulhe (A. Jean).
Fait ses études au collège de Clermont puis au collège d'Harcourt (S⁸ de gens de Lettres).
Est nommé chancelier de Montpellier en 1668 (A. Jean).
Est nommé aumônier de la reine en 1673 et exerce cette charge jusqu'en 1678 (W.A. Newton).
Est licencié en théologie en 1676 (S⁶ de gens de Lettres).

Immersailles | Centre de recherche du château de Versailles - Université Gustave Eiffel - Université Rennes 2 | Mentions légales |

Immersailles

Modélisation 3D, réalité augmentée ou virtuelle, de nouveaux outils pour la connaissance et la médiation

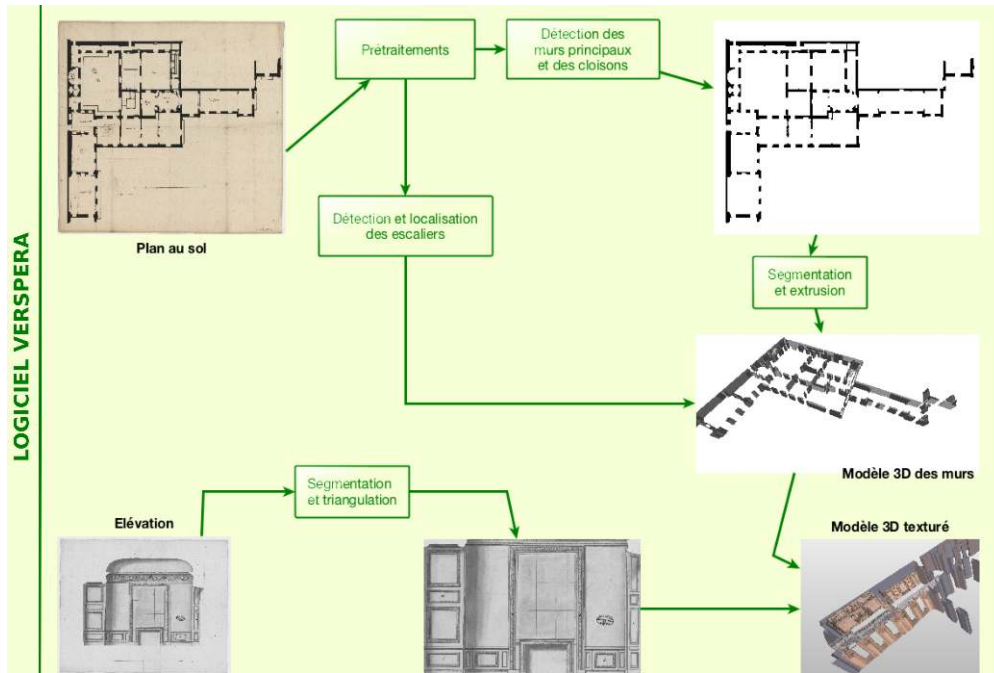
20 Dès le lancement du projet, la modélisation tridimensionnelle est apparue comme un prolongement naturel des travaux de numérisation du corpus, offrant aux spécialistes comme au grand public un nouveau regard sur des espaces du château profondément modifiés depuis le XVII^e siècle, parfois même complètement disparus. Il existe également dans le corpus plusieurs exemples de plans représentant des projets non construits pour diverses raisons. Que ce soit pour des espaces disparus, modifiés ou jamais construits, la modélisation tridimensionnelle offre une possibilité nouvelle d'exploration ou de visite, ajoutant une dimension plus perceptive au regard que nous pouvons porter sur les plans et autres dessins du corpus.

Analyse semi-automatique des images des plans anciens

21 Il existe des logiciels, professionnels ou non, d'aide à l'architecture qui permettent d'interpréter des plans contemporains et de créer des représentations tridimensionnelles à partir de ces plans. Cependant, ces logiciels ne sont pas adaptés au traitement des plans anciens tels que ceux du corpus *Verspera* ; en effet, ces plans présentent des caractéristiques liées à la fois à leur époque (traits d'épaisseur variable, plus ou moins rectilinéaires, symboles peu standardisés, etc.), à leurs conditions de conservation (plis) et à leur numérisation (informations visibles au verso des plans). Pour ces raisons, le laboratoire ETIS a conçu une application dédiée au traitement des plans et des vues en élévation du corpus *Verspera* (Riedinger, Tabia et Jordan 2015 ; Tabia, Riedinger et Jordan 2016).

22 Cette application permet à un utilisateur familier de l'outil d'obtenir en quelques minutes une modélisation tridimensionnelle d'un espace du château, basée sur la détection semi-automatique des murs principaux et des cloisons, la détection et la localisation des escaliers (classés en six catégories de forme différentes), et l'ajout de textures sur les faces verticales du modèle lorsqu'une vue en élévation correspondant à cette face verticale est disponible dans le corpus. On trouvera en figure 4 une description de l'application en vue de la réalisation d'un modèle tridimensionnel et, en figure 5, une vue d'un modèle réalisé avec cette application en quelques minutes.

Figure 4. Schéma de l'application *Verspera*



Verspera/ETIS

Figure 5. Modélisation 3D de l'appartement du roi réalisée avec l'application *Verspera*



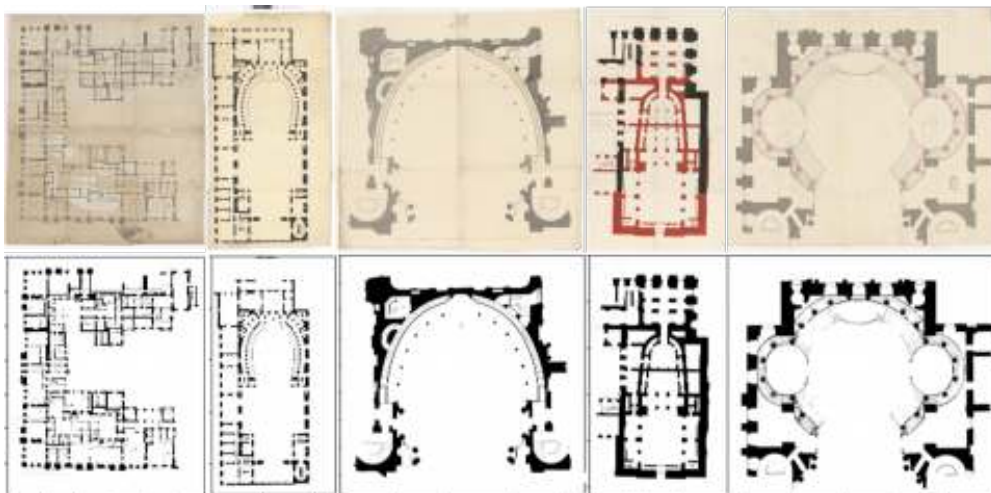
Verspera/ETIS

Les outils de l'intelligence artificielle pour une modélisation 3D rapide des espaces

23 Au fil des années et de l'avancement de la numérisation, le corpus *Verspera* s'est enrichi et agrandi, jusqu'à comprendre aujourd'hui environ 1 500 plans au sol ; l'utilisation de l'application *Verspera* ne permettait donc pas de traiter l'ensemble de ces plans en un temps raisonnable. Nous nous sommes alors tournés vers les techniques de l'apprentissage profond pour concevoir une application traitant en quelques minutes l'ensemble des images du corpus.

24 Rappelons très rapidement que l'apprentissage artificiel permet d'« entraîner » un réseau de neurones artificiels à réaliser une certaine tâche à partir d'un ensemble d'exemples (et éventuellement de contre-exemples) correctement choisis. Ici, les exemples sont des paires d'images [plan du corpus, masque des murs à détecter sur ce plan] (voir un exemple de ces paires en figure 6). La première étape de l'apprentissage est donc la constitution de l'ensemble d'exemples, la seconde est la conception d'un modèle adapté à la tâche à réaliser.

Figure 6. La base de données Versailles FP (Versailles Floor Plans) : exemples de paires [plan au sol, masque des murs extraits du plan]



Verspera/ETIS

Constitution de l'ensemble d'apprentissage et de test

25 Nous avons dans un premier temps sélectionné dans le corpus 500 plans aussi représentatifs que possible (en dimensions, complexité, apparence). Les images ont été retaillées, de manière à enlever les marges et à ne plus contenir que le dessin du plan lui-même, et rééchantillonnées pour obtenir des images toutes de même taille. Pour chacune de ces images de plans, nous avons réalisé un traitement d'image, à base de filtres multidirectionnels (« *steerable filters* ») permettant de localiser les murs principaux, suivi pour la plupart des images d'un posttraitement interactif.

26 Les 500 paires (image de plan, masque des murs) ont été ensuite aléatoirement réparties en cinq ensembles de cent paires chacun. Ces cinq ensembles ont été utilisés en cinq passes successives dans le processus d'apprentissage, répartis en trois ensembles pour l'apprentissage, un en-

semble pour le test et un ensemble pour la validation, et constituent la base de données Versailles FP mise à disposition de la communauté académique⁹.

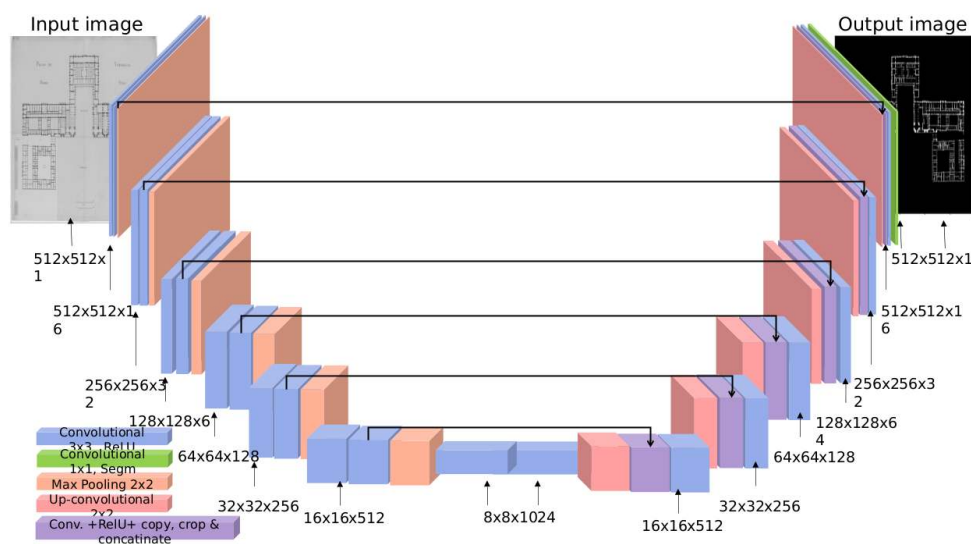
Architecture du modèle

27

Nous avons adopté une architecture de réseaux de neurones conçue sur la base d'une pile de couches neuronales convolutives de différentes tailles, l'architecture ressemblant au final à la forme du caractère U (d'où le nom U-net donné à l'architecture, voir figure 7). L'apprentissage de cette architecture a été effectué en deux étapes consécutives :

- la première étape s'est effectuée sur des images issues de la base de plans d'architecture contemporains CVC (de las Heras *et al.* 2015), dans laquelle le fond blanc uni des images a été remplacé par une texture représentative des papiers sur lesquels sont dessinés les plans anciens ;
- la seconde étape utilise les images de la base Versailles FP pour affiner le modèle appris en première étape et obtenir un modèle adapté aux plans anciens.

Figure 7. Architecture de réseau U-net pour la détection des murs sur des plans d'architecture anciens



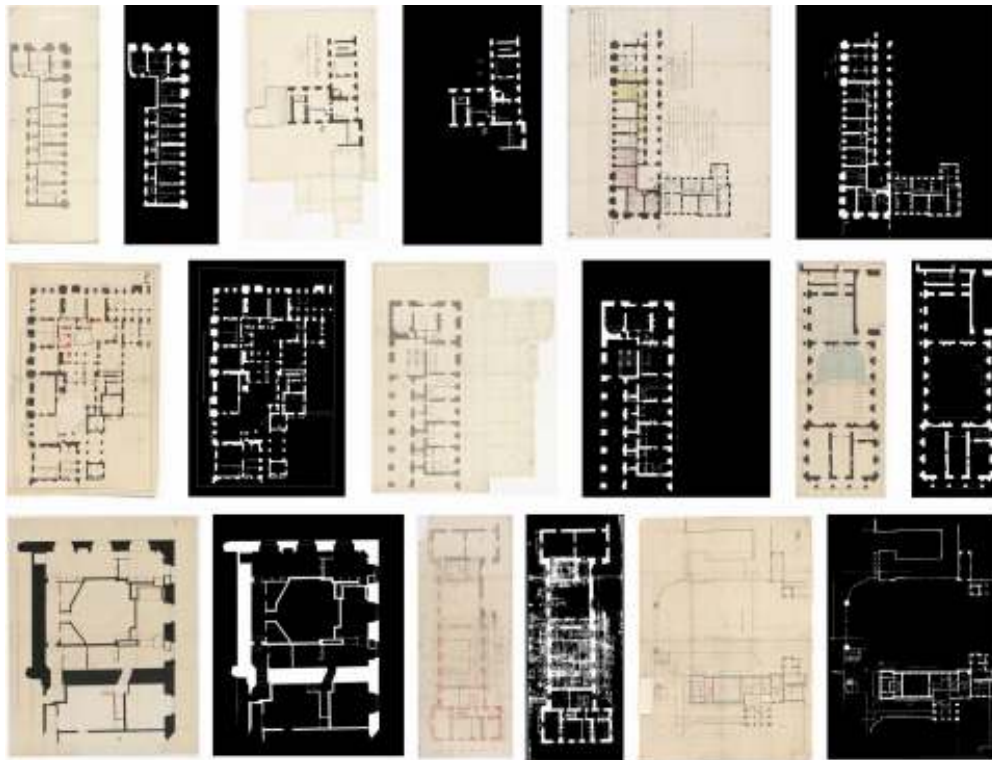
Verspera/ETIS

Usage et limite de l'apprentissage artificiel

28

La figure 8 présente un ensemble de résultats obtenus avec notre modèle. Pour chaque exemple, la figure présente le plan original (colonne de gauche) et l'image des murs extraits à l'aide de notre réseau de neurones (colonne de droite). Les résultats sont généralement très satisfaisants, nous avons cependant indiqué (ligne inférieure) quelques exemples d'échecs, principalement dus à l'échelle du plan dans l'image (à gauche) et au contraste plus faible dans les images de plan au centre et à droite. Nous présentons également en figure 9 les résultats obtenus sur deux plans hors du corpus *Verspera* (images extraites de la base Gallica de la Bibliothèque nationale de France).

Figure 8. Quelques résultats obtenus par apprentissage artificiel sur le corpus *Verspera*



Quelques résultats, satisfaisants ou non, à partir du corpus *Verspera* : images originales dans les colonnes de gauche, images des murs extraits dans les colonnes de droite
Verspera/ETIS

Figure 9. Résultats obtenus par apprentissage artificiel sur deux plans extraits de la base Gallica (BNF)



Verspera/ETIS

29

L'avantage premier de l'apprentissage artificiel est le gain de temps : alors que le temps de traitement par une application interactive est de quelques minutes par image pour un utilisateur peu expérimenté, nous obtenons, en quelques minutes (10 à 20 minutes selon la puissance de calcul disponible) et sans intervention d'un utilisateur, les résultats pour l'ensemble des images du corpus (1 500 images). Cependant, on le voit sur les résultats présentés, lorsque les caractéristiques du plan sont éloignées de l'ensemble d'apprentissage, pour ce qui est, soit de la résolution, soit du contraste de l'image originale, les résultats obtenus peuvent être fortement dégradés. Des perspectives d'amélioration existent, en particulier pour le premier point : la seconde version de notre base d'apprentissage supprimera l'étape de mise à l'échelle des images des plans et effectuera un découpage des images des plans en « tuiles » de mêmes dimensions, chaque « tuile » étant un élément de l'ensemble d'apprentissage. Autre perspective, en cours de développement, la modification du réseau convolutionnel afin que celui-ci intègre les étapes de débruitage

et détection des segments de droite sur les images des masques des murs ; les paires d'images en entrée de l'apprentissage sont alors constituées par l'image du plan original (ou une « tuile » extraite de ce plan, comme indiqué précédemment) et par la liste des segments de droite approximant les contours des murs présents sur ce plan. Chaque image comportant plusieurs dizaines de segments de droites, le nombre d'images à fournir pour l'apprentissage est fortement diminué tout en maintenant la représentativité des données d'apprentissage.

Modélisation 3D simplifiée

30

Les images des murs extraits des plans constituent la base des modèles 3D, sur laquelle ces modèles 3D sont construits par extrusion. Deux étapes sont cependant nécessaires : d'abord l'élimination de pixels isolés ou de petites structures résiduelles dans les images des masques des murs, puis la détection des contours et leur polygonalisation, afin d'obtenir pour chaque mur du modèle une face interne et une face externe. Ces deux étapes sont illustrées en figure 10 et réalisées de manière automatique par des algorithmes bien connus de traitement numérique des images : morphologie mathématique pour la première étape, filtrage de Canny (1986) et filtrage probabilistique de Hough pour la seconde (Galambos, Matas et Kittler 1999). On obtient ainsi une liste de segments de droites approximant au mieux les contours des murs, puis chaque segment de droite devient la base d'une face verticale du modèle tridimensionnel élevée à une hauteur arbitrairement prédéfinie. Le réglage de la hauteur des faces verticales se fera dans une étape ultérieure prenant en compte, lorsqu'elles existent dans le corpus, les vues en coupe ou en élévation du même espace du monument. La figure 11 présente quelques copies d'écran de modèles tridimensionnels calculés de cette manière (à gauche, le plan original, au centre, le masque des murs extraits de ce plan, et à droite, une vue du modèle tridimensionnel).

Figure 10. Modélisation 3D : les différentes étapes

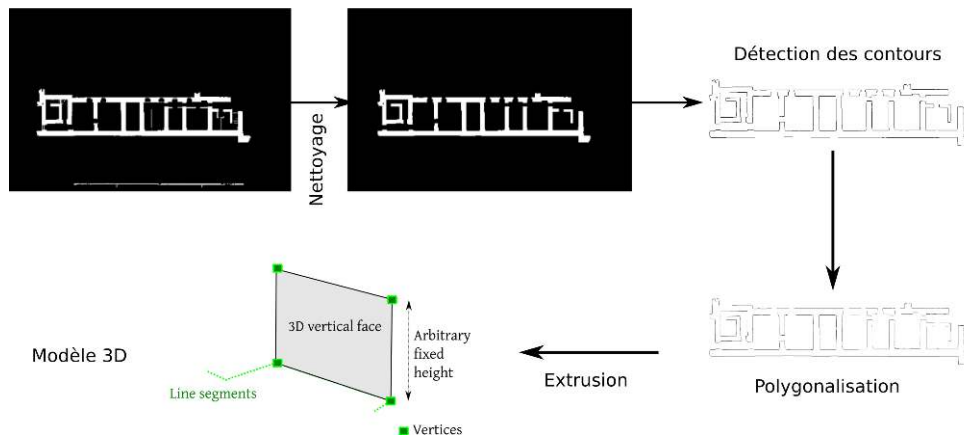
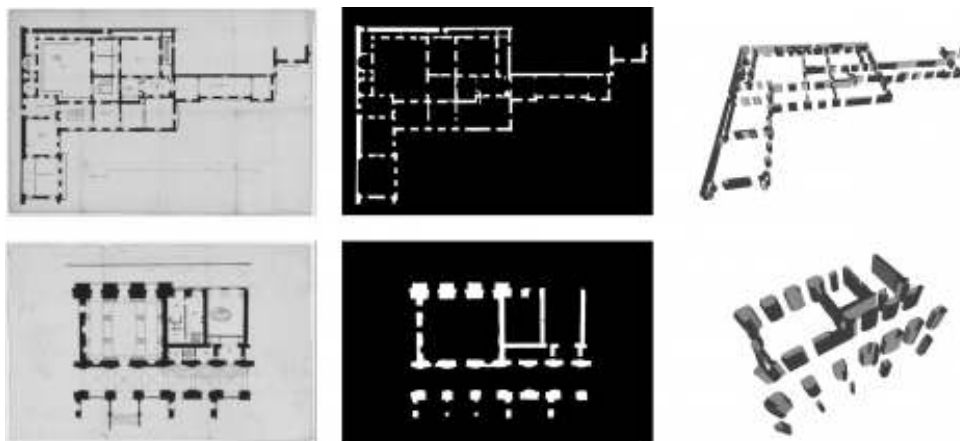


Figure 11. Modèles 3D calculés sur les plans du corpus *Verspera* : plan original, image des murs, vue du modèle 3D



Verspera/ETIS

31 Pour une évaluation quantitative, nous avons comparé les résultats obtenus par la modélisation 3D simplifiée à ceux obtenus par l'application interactive *Verspera*, sur 15 plans qui sont notre référence (Riedinger, Tabia et Jordan 2015). La comparaison porte sur deux critères, la précision de la reconstruction 3D (tableau 1) et le temps de calcul ou de reconstruction (tableau 2). Pour mesurer la précision de reconstruction, nous observons les deux modèles 3D en vue de dessus et nous calculons le taux de recouvrement des deux modèles : plus les modèles sont superposés, plus leur recouvrement est proche de 1, et meilleure est la précision.

Tableau 1. Taux de recouvrement des vues de dessus des modèles 3D obtenus avec l'application *Verspera* et calculés par la modélisation simplifiée

Min	Max	Moyenne	Écart-type
0,78	0,906	0,842	0,041

Tableau 2. Comparaison des temps de calcul

	Logiciel <i>Verspera</i> interactif	Méthode par apprentissage artificiel
Nombre de plans	15	500
Temps total	120 min	20 min
Temps par plan	8 min	2,4 s

32 La comparaison en matière de temps de calcul se passe de commentaires : vingt minutes de calcul sans intervention d'un opérateur permettent d'obtenir les modèles 3D sur 500 plans originaux, alors qu'il faudra environ deux heures à un opérateur familier de *Verspera* pour traiter 15 plans. En matière de précision, la valeur moyenne obtenue sur les modèles comparés (environ 85 % de recouvrement) est satisfaisante et permet d'obtenir la géométrie d'un modèle 3D représentatif du plan dessiné. Ainsi deviennent perceptibles pour l'historien et l'archiviste aussi bien que pour le grand public, les volumes dessinés il y a trois siècles pour l'agrément, le plaisir ou la gloire du roi de France...

L'infographie 3D pour la restitution d'espaces spécifiques

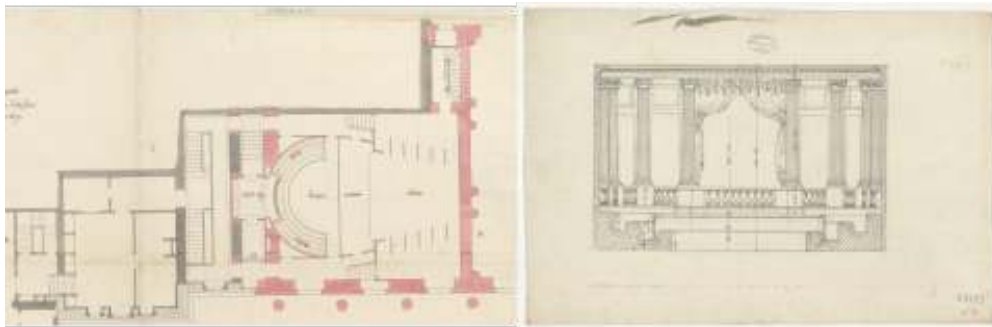
33 En 2015, une nouvelle formation « Métiers du numérique – patrimoine, visualisation et modélisation 3D » a été montée à CY Cergy Paris Université (à l'époque université de Cergy-Pontoise). L'objectif de ce parcours de licence est de créer un lien entre le monde de l'infographie 3D et celui de la science en développant des compétences spécifiques pour les secteurs de la recherche, ayant une coloration particulière orientée sur la reconstitution du patrimoine. Le programme pédagogique de la formation est adapté, d'une année sur l'autre, aux projets développés avec ses partenaires. Dès lors, les étudiants et les formateurs de ce parcours se sont invités dans les réflexions et certains développements du projet *Verspera*. Des spécialistes de divers horizons sont venus enseigner des techniques de reconstruction 3D spécifiquement orientées sur les intérieurs versaillais (modélisation baroque, sculpture, construction de matériaux virtuels) en lien avec une série de nouveaux projets de visualisation proposés par l'équipe du CRCV. L'idée première était de permettre aux chercheurs et au grand public de visualiser, avec un haut degré de réalisme, des espaces disparus (ou modifiés) sous forme de visite virtuelle ou cinématique. Pourtant, l'intérêt majeur de cette collaboration s'est révélé être tout autre.

34 « Habiller » un modèle tridimensionnel en vue d'améliorer son réalisme requiert à la fois de la technicité et de la patience ; mais le travail de ces étudiants en cours de professionnalisation va bien au-delà des préoccupations esthétiques. Il s'agit de recréer en suivant aussi scrupuleusement que possible les documents originaux : dans le cas présent, les nombreuses vues en élévation, en coupe, les crayonnés de détail (pour des moulures, des décors de miroir ou autres éléments d'aménagement des pièces), etc., ont été étudiés pour la mise en place de tous les éléments nécessaires au réalisme de la représentation. La description de ces vues étant cependant le plus souvent assez succincte, une première phase d'interprétation des documents et de « traduction » en vues tridimensionnelles se déroule en dialogue entre infographistes et chercheurs historiens et archivistes. En effet, fabriquer de « belles images » n'est pas un but en soi ; au contraire, ces images patiemment construites au plus près du document et de la vérité scientifique du moment ouvrent de nouveaux questionnements. Et même, le processus de création des images peut susciter des interrogations et des questions qui sont renvoyées aux experts et aux scientifiques. Ce travail d'interprétation des sources nous a conduits à confronter des sources parfois contradictoires, que ce soit sur les matériaux utilisés, les textures, les éclairages, etc. Le travail sur le « théâtre rêvé de Louis XV » fournit un bon exemple de cet enrichissement des connaissances créé par le dialogue entre infographistes et historiens.

35 Ce théâtre est un projet conçu quelques mois avant la mort de Louis XV, afin d'installer pour le roi vieillissant un lieu de spectacle de petite taille, qu'il pourrait rejoindre aisément depuis ses appartements. Ce théâtre aurait pris place dans « l'aile Neuve, à l'attique, au niveau de l'appartement de Madame du Barry ». Quelques plans et vues en coupe de ce projet sont présents dans le corpus *Verspera*, le projet n'a lui jamais vu

le jour, Louis XV étant décédé avant que les premiers travaux aient été lancés. Nous avons donc entrepris la modélisation tridimensionnelle de ce projet, dans l'idée de visiter enfin ce théâtre... Les premiers travaux de modélisation nous ont permis de mettre en relief quelques contradictions entre les plans, quelques incongruités également : ainsi, l'espace disponible sur scène rendait impossible l'éclairage des panneaux de décor avec des chandeliers, sauf à empêcher l'entrée sur scène des comédiens... L'un des plans ne prévoit aucun accès à la fosse devant la scène. Le plan et l'une des vues en coupe (voir en figure 12) n'ont pas le même nombre de gradins devant la loge royale, deux gradins sur un dessin, trois sur l'autre... Face à ces contradictions, la discussion a permis de valider ou d'invalider certaines hypothèses, comme peut-être l'auraient fait les bâtisseurs de l'époque.

Figure 12. Plan et élévation pour le projet de petit théâtre de Louis XV



Archives nationales, O/1/1789, dossier 1 (1774)

- 36 Lorsque l'accord se fait entre historiens, informaticiens et infographistes, l'émotion peut être au rendez-vous et justifier tous les efforts communs¹⁰.

Des outils disponibles pour la communauté

- 37 Le projet *Verspera* nous a permis de développer deux applications spécifiques pour le traitement des plans anciens de monuments. Avec la première application, interactive, un utilisateur pourra obtenir en quelques étapes et généralement dix à quinze de minutes de travail (parfois plus selon la complexité du plan traité), une représentation tridimensionnelle de ce plan, complétée, lorsqu'elles sont présentes dans le corpus, par des textures appliquées sur les faces verticales du modèle tridimensionnel. La seconde application, par une approche à base d'apprentissage profond, permet le traitement rapide de lots de plans anciens et fournit en quelques secondes par plan un modèle tridimensionnel simplifié. Ces deux applications, bien que développées dans le contexte du projet *Verspera*, sont adaptées au traitement de plans anciens hors du corpus *Verspera* ; nous avons effectué plusieurs tests en ce sens avec des images extraites de la base Gallica de la Bibliothèque nationale de France.
- 38 Par ailleurs, le développement de la seconde application, à base d'apprentissage profond, nous a conduits à concevoir la base d'images Versailles FP (Swaileh *et al.* 2021) et à la mettre à disposition de l'ensemble de la communauté pour toute recherche académique qui souhaiterait traiter ces images particulières.

Perspectives

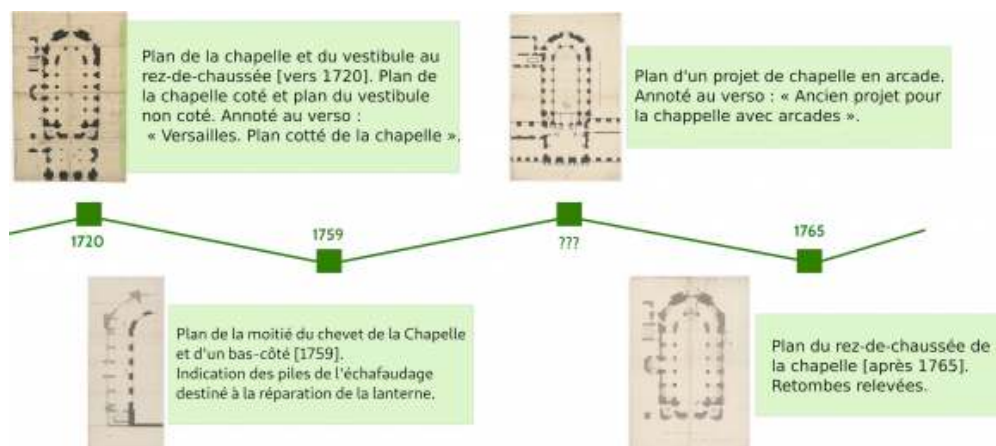
39

La richesse du corpus *Verspera* est telle que les possibilités d'exploitation de ces données précieuses sont encore nombreuses. Le corpus, en effet, ne contient pas seulement les images des plans, des élévations, des vues en coupe et des vues de détail, mais un ensemble d'informations liées à ces images, issues du fichier de récolement patiemment établi par les Archives nationales : dimensions des plans et techniques de dessin employées, description textuelle, personnages historiques associés au document (information utilisée dans *Immersailles* pour le géoréférencement des habitants du château), date du projet, transcription des légendes présentes sur le dessin, etc. Organisées dans une base de données, ces informations vont nous permettre de sélectionner plus rapidement l'ensemble des images correspondant à un lieu et une date, de positionner ces images les unes par rapport aux autres et ainsi de préparer plus rapidement encore la modélisation 3D, qui sera ensuite soumise pour validation seulement à un utilisateur expert. La transcription des légendes, couplée à une détection automatique de leur emplacement sur les plans, rend possible l'enrichissement des modèles tridimensionnels par des informations sémantiques ; les étiquettes que nous pourrons ainsi associer à chaque lieu fermé détecté sur le plan formeront la base d'un arbre de liaison (c'est-à-dire des voisinages) entre les différents lieux, ce qui permettra aussi de programmer des parcours de visite virtuelle.

40

Les informations des fichiers de récolement sont parfois incomplètes : par exemple, pour certains plans, la date ou le nom de l'architecte sont manquants. Les approches de réseaux de neurones multimodaux permettent de combiner l'analyse de l'image et une représentation des métadonnées textuelles et constituent une voie que nous explorerons pour générer des hypothèses pour les métadonnées manquantes (par exemple, en figure 13, pourrions-nous proposer une datation pour un plan pour lequel cette métadonnée est manquante ?).

Figure 13. L'apprentissage multimodal permettra-t-il de proposer une datation pour certaines images ?



41 L'infographie et les techniques de « sculpture numérique » permettent de traiter les crayonnés et esquisses des détails de décor, et cela, conjugué avec l'exploitation des descriptions textuelles et la modélisation tridimensionnelle paramétrique, rendra possible très rapidement l'intégration de ces éléments de décor essentiels au réalisme de la modélisation.

Conclusion

42 La recherche en sciences du patrimoine est par essence une recherche interdisciplinaire, qui impose aux partenaires de se construire un langage commun tout en respectant les champs disciplinaires de chacun. Considérer une discipline comme « fournisseur de problématiques » (si ce n'est de problèmes), ou au contraire la considérer comme « prestataire de services » sont deux écueils communs, que nous nous sommes efforcés d'écartier au fil de nos discussions et de l'avancement du projet. L'« objet patrimonial » – ici le corpus des plans conservés aux Archives nationales et à la Bibliothèque nationale de France – est d'une telle richesse qu'il est un support de connaissances nouvelles pour toutes les disciplines engagées dans le projet. La numérisation a rendu possible l'étude détaillée et la comparaison de plans parfois physiquement peu maniables, ce qui a conduit dans quelques cas à modifier l'attribution de tel ou tel plan à une date ou un événement particulier. La modélisation tridimensionnelle et l'infographie ont permis de montrer que certains projets dessinés ne pouvaient s'insérer correctement dans l'architecture existante et ont renvoyé aux archivistes et historiens de nouveaux questionnements.

43 Par ailleurs, la modélisation tridimensionnelle, l'infographie, la réalité virtuelle, tout en rendant perceptibles et « réalistes » les images du passé, nous conduisent à nous questionner sur ce caractère « réaliste » et sur l'authenticité des représentations. Ainsi, pour la Petite Galerie Mignard, premier lieu à avoir fait l'objet d'une restitution réaliste dans le cadre de *Verspera* en 2017¹¹, nous avons fait des choix de matières et de couleurs basés sur des registres de comptes conservés aux Archives nationales, mais d'autres sources auraient pu conduire à d'autres choix. Les contradictions que nous avons relevées entre certains dessins, les imprécisions, les manques d'informations, ne peuvent que nous rendre modestes et relativiser les prétentions à l'authenticité de nos restitutions.

44 Un tel débat sur l'authenticité déborde le cercle des spécialistes et des scientifiques impliqués dans un projet de recherche, et touche le grand public, particulièrement lorsque les lieux reconstruits virtuellement ne sont plus visibles aujourd'hui, qu'ils aient été détruits ou réaménagés depuis le xvii^e siècle.

Bibliographie

Canny, John. 1986. « A Computational Approach to Edge Detection ». *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence (PAMI)* 8 (6) : 679-698. <https://doi.org/10.1109/TPAMI.1986.4767851>

de las Heras, Lluís-Pere, Oriol Ramos Terrades, Sergi Robles et Gemma Sánchez. 2015. « CVC-FP and SGT : a New Database for Structural Floor Plan Analysis and Its Groundtruthing Tool ». *International Journal on Document Analysis and Recognition* 18 (1) : 15-30. <https://doi.org/10.1007/s10032-014-0236-5>.

Fossier, François. 1996. *Les Dessins du fonds Robert de Cotte de la Bibliothèque nationale de France. Architecture et décor*. Paris : Bibliothèque nationale de France.

Galambos, Charles, Jiří Matas et Josef Kittler. 1999. « Progressive Probabilistic Hough Transform for Line Detection ». Dans *Proceedings 1999 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition. Volume 1*, 554-560. IEEE. <https://doi.org/10.1109/CVPR.1999.786993>.

Gallet-Guerne, Danielle et Christian Baulez. 1983. *Versailles. Dessins d'architecture de la direction générale des Bâtiments du roi. Tome I. Le château, les jardins, le parc, Trianon*. Paris : Archives nationales.

Jestaz, Bertrand. 1985. « Versailles. Dessins d'architecture de la direction générale des Bâtiments du roi. Tome I. Le château, les jardins, le parc, Trianon, catalogue par Danielle Gallet-Guerne, avec la collaboration de Christian Baulez, Paris, Archives nationales, 1983, 554 p. ». *Bulletin Monumental* 143 (3) : 303-304. https://www.persee.fr/doc/bulmo_0007-473x_1985_num_143_3_4115_t1_0303_0000_4.

Jordan, Michel et Benjamin Ringot. 2020. « Le projet *Verspera*. Les enjeux du numérique en sciences sociales et humaines », dans *Les Enjeux du numérique en sciences sociales et humaines. Vers un homo numericus ?*, édité par Stéphane Patin, 145-158. Paris : Éditions des archives contemporaines. <https://doi.org/10.17184/eac.3432>.

Jugie, Pierre. 2011. « Le fonds de la Maison du roi (O¹) et les archives des Menus-Plaisirs aux Archives nationales ». Dans *Dans l'atelier des Menus-Plaisirs du roi. Spectacles, fêtes et cérémonies aux XVII^e et XVIII^e siècles*, dirigé par Pierre Jugie et Jérôme La Gorce, catalogue d'exposition, Paris, Archives nationales, 19 janvier – 24 avril, Versailles : Artlys.

Le Guillou, Jean-Claude. 1985. « La création des cabinets et des petits appartements de Louis XV au château de Versailles, 1722-1738 ». *Gazette des beaux-arts*, avril.

Newton, William Ritchey. 2000. *L'Espace du roi. La cour de France au château de Versailles 1682-1789*. Paris : Fayard.

Riedinger, Christophe, Hedi Tabia et Michel Jordan. 2015. « Restitution 3D de monuments historiques à partir de plans anciens ». *Traitement du signal* 32 (1) : 87-108. <https://www.ieta.org/journals/ts/paper/10.3166/TS.32.87-108>.

Swaileh, Wassim, Dimitrios Kotzinos, Suman Ghosh, Michel Jordan, Ngoc-Son Vu. 2021. « Versailles-FP Dataset : Wall Detection in Ancient Floor Plans ». Dans *Document Analysis and Recognition – ICDAR 2021*, édité par Josep Lladós, Daniel Lopresti et Seiichi Uchida, 34-49. Berlin : Springer. https://doi.org/10.1007/978-3-030-86549-8_3.

Tabia, Hedi, Christophe Riedinger et Michel Jordan. 2016. « Automatic Reconstruction of Heritage Monuments from Old Architecture Documents ». *Journal of Electronic Imaging Special Section on Image Processing for Cultural Heritage* 26 (1) : 011006. <https://doi.org/10.1117/1.JEI.26.1.011006>.

Tiberghien, Frédéric. 2002. *Versailles. Le chantier de Louis XIV. 1662-1715*. Paris : Perrin.

Notes

- 1 Voir le carnet de recherches <https://verspera.hypotheses.org>.
- 2 Il est envisagé par la suite d'étendre ce corpus aux dessins distraits de ces deux ensembles et localisés, pour certains, aux archives et au département des arts graphiques de l'établissement public du château de Versailles, mais aussi pour d'autres, aux archives départementales des Yvelines et à l'Institut de France.
- 3 Archives nationales, O¹ 1763/B, dossier 4, n^o a, élévation d'une des baraques à construire dans la cour royale et différents croquis, octobre 1771.
- 4 Archives nationales, O¹ 1778, dossier 1, n^o 1.
- 5 Pierre Jugie, conservateur en chef du patrimoine aux Archives nationales, en charge du fonds de la Maison du roi d'Ancien Régime (O¹) et des monuments ecclésiastiques (L et LL) a piloté l'ensemble des opérations aux Archives nationales.
- 6 Le projet y est piloté par Corinne Le Bitouzé, conservateur général, adjoint au directeur du département des estampes et de la photographie, chargée des collections du XVII^e siècle.
- 7 Archives nationales, O/1/1771, dossier 1, n^o 6.
- 8 Site du projet *Immersailles* : <https://www.chateauversailles-recherche.fr/immersailles/>.
- 9 Voir le site <https://www.etis-lab.fr/versailles-fp/>.
- 10 Voir, par exemple, « Le Théâtre rêvé de Louis XV », en vidéo sur le lien suivant : <https://www.youtube.com/watch?v=awJCphnkJdM/>.
- 11 La vidéo de cette restitution est consultable sur <https://vimeo.com/user68387379/>.

Auteurs

Michel Jordan

UMR 8051 ETIS, CY Cergy Paris Université, Cergy, France

Michel Jordan est ingénieur de recherche à CY Cergy Paris Université, membre du laboratoire ETIS. Il s'intéresse principalement au traitement numérique des images, à la restitution 3D et à la réalité augmentée, pour des applications dans le domaine des sciences du patrimoine.

ORCID 0000-0001-6817-3563

michel.jordan@cyu.fr

Delphine Desbourdes

Centre de recherche du château de Versailles, Versailles, France

Delphine Desbourdes est chargée de recherche, membre de l'équipe du projet *Verspera*.

ORCID 0009-0008-5970-9934

delphine.desbourdes@chateauversailles.fr

Nicolas Priniotakis

UMR 8051 ETIS, CY Cergy Paris Université, Cergy, France

Nicolas Priniotakis est enseignant à CY Cergy Paris Université, associé au laboratoire ETIS. Il est responsable de la licence professionnelle « Métiers du numérique » et spécialiste en modélisation 3D et technologies immersives, en particulier appliquées au patrimoine culturel.

ORCID 0000-0002-8054-0204

nicolas.priniotakis@cyu.fr

Wassim Swaileh

UMR 8051 ETIS, CY Cergy Paris Université, Cergy, France

Wassim Swaileh est chercheur *senior* en vision par l'ordinateur et apprentissage profond. Il a travaillé pour CY Cergy Paris Université en tant que professeur assistant contractuel au département d'informatique et au laboratoire ETIS. Ses recherches portent sur la re-

connaissance de formes, la reconstruction de trajectoires, l'analyse de documents et la modélisation du langage.

ORCID [0000-0003-4314-6352](https://orcid.org/0000-0003-4314-6352)

wassim.swaileh@ensea.fr

Benjamin Ringot

Centre de recherche du château de Versailles, Versailles, France

Benjamin Ringot est adjoint au directeur scientifique, membre de l'équipe du projet *Verspera*.

ORCID [0000-0002-9231-3092](https://orcid.org/0000-0002-9231-3092)

benjamin.ringot@chateauversailles.fr

Mathieu da Vinha

Centre de recherche du château de Versailles, Versailles, France

Mathieu da Vinha est docteur en histoire moderne de l'université Paris-Sorbonne où il a soutenu en 2003 une thèse publiée l'année suivante sous le titre *Les Valets de chambre de Louis XIV*. Il est directeur scientifique du Centre de recherche du château de Versailles et travaille plus spécifiquement sur les usages de la cour, la commensalité et le fonctionnement du château de Versailles sous l'Ancien Régime, auxquels il a consacré plusieurs articles et ouvrages.

ORCID [0009-0006-8560-8622](https://orcid.org/0009-0006-8560-8622)

mathieu.da-vinha@chateauversailles.fr

Droits d'auteur



Creative Commons - Attribution 4.0 International - CC BY 4.0

<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>