Mappemonde
Revue trimestrielle sur l'image géographique et les formes du territoire

135 | 2023
L'espace et ses représentations socio-cognitives

UD-SV : Plateforme d'exploration de données urbaines à n-dimensions — Espace, Temps, Thématiques

Clément Colin, Corentin Gautier, Diego Vinasco-Alvarez, Johanna Delanoy, Gilles Gesquière, John Samuel, Sylvie Servigne, Éric Boix, Thibault Dupont, Mathieu Livebardon, Valentin Machado et Lorenzo Marnat

Édition électronique
URL : https://journals.openedition.org/mappemonde/8265
DOI : 10.4000/mappemonde.8265
ISSN : 1769-7298

Éditeur
UMR ESPACE

Référence électronique
Clément Colin, Corentin Gautier, Diego Vinasco-Alvarez, Johanna Delanoy, Gilles Gesquière, John Samuel, Sylvie Servigne, Éric Boix, Thibault Dupont, Mathieu Livebardon, Valentin Machado et Lorenzo Marnat, « UD-SV : Plateforme d'exploration de données urbaines à n-dimensions — Espace, Temps, Thématiques », *Mappemonde* [En ligne], 135 | 2023, mis en ligne le 07 avril 2023, consulté le 12 avril 2023. URL : http://journals.openedition.org/mappemonde/8265 ; DOI : https://doi.org/10.4000/mappemonde.8265

Ce document a été généré automatiquement le 12 avril 2023.

Creative Commons - Attribution - Pas d'Utilisation Commerciale - Partage dans les Mêmes Conditions 4.0 International - CC BY-NC-SA 4.0
https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/

UD-SV : Plateforme d'exploration de données urbaines à n-dimensions — Espace, Temps, Thématiques

Clément Colin, Corentin Gautier, Diego Vinasco-Alvarez, Johanna Delanoy, Gilles Gesquière, John Samuel, Sylvie Servigne, Éric Boix, Thibault Dupont, Mathieu Livebardon, Valentin Machado et Lorenzo Marnat

Nous tenons à remercier les doctorants, post-doctorants, ingénieurs et stagiaires qui ont contribué au développement du cadre UD-SV, au cours des dernières années, au sein du laboratoire LIRIS dans le cadre du projet VCity. Ce travail est, en partie, soutenu par plusieurs entreprises (Oslandia, Berger-Levrault, IGO). Il a également été partiellement soutenu par le LABEX IMU (ANR-10-LABX-0088) de l'Université de Lyon, dans le cadre du programme « Investissements d'avenir » (ANR-11-IDEX-0007) et le programme DatAgora supporté par l'IDEX de l'Université de Lyon, opérés par l'Agence nationale de la recherche (ANR).

Introduction

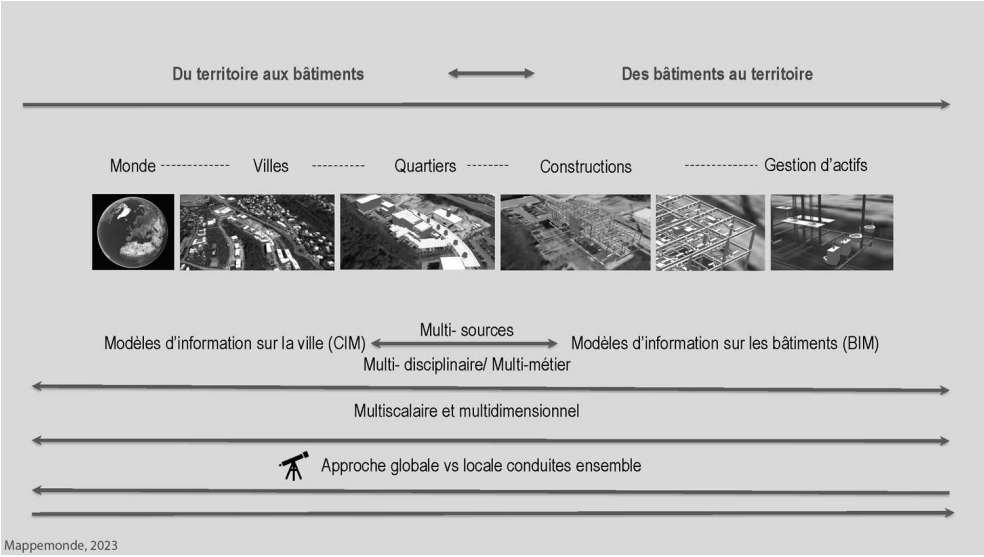
1 Les données urbaines sont multidimensionnelles ; au-delà de la troisième dimension, il est nécessaire de prendre en compte l'évolution des territoires, ainsi que les dimensions thématiques nécessaires, en fonction des cas d'utilisation à traiter. Les études urbaines nous amènent aussi à travailler avec des données provenant d'origines multiples et souvent hétérogènes. Un jumeau numérique urbain est une réplique virtuelle, se voulant presque identique à une ville ou à des objets urbains (bâtiments, mobiliers, réseaux...), permettant aux utilisateurs d'interagir facilement avec les objets de la ville, sans les contraintes physiques du monde réel. Les jumeaux numériques se construisent sur cet ensemble de données et restent souvent une vue de l'esprit qu'il est difficile de réellement matérialiser. Et pourtant, l'utilisation de ces données, en particulier tridimensionnelles, démontre leur fort potentiel, par exemple, à l'échelle de la ville (Biljecki *et al.*, 2015). Le jumeau numérique fédère les données, sans les

dégrader, dans une visualisation de la ville qui permet de transformer ces données en informations pertinentes pour la compréhension de phénomènes.

2 Un avantage majeur de ces jumeaux numériques des villes est la possibilité d'interroger, d'analyser et de visualiser de nouveaux projets à différentes échelles. Souvent, ce processus s'inscrit dans le temps et il est nécessaire de pouvoir analyser l'impact de l'évolution des projets urbains. Des travaux récents ont permis d'intégrer la dimension temporelle à l'échelle de la ville (Chaturvedi *et al.*, 2017), voire même proposent des vues concurrentes d'un même quartier (Samuel *et al.*, 2020).

3 Cependant, un jumeau numérique ne peut se limiter à une agrégation de données vectorielles et à leur sémantique inhérente, comme il est possible de les consulter dans des outils traditionnels comme les Systèmes d'information géographique. Bon nombre de données additionnelles, pas toujours structurées, permettent de décrire la ville, telles que des documents réglementaires comme un permis de construire ou un Plan local d'urbanisme et de l'habitat. Il doit aussi être possible d'y adjoindre des photographies, des vidéos ou des articles de magazines et de journaux. Comme le démontrent les fonds d'archives, comme celui de l'Institut national de l'audiovisuel (INA) pour des périodes récentes, ces données sont importantes pour comprendre la ville et ses évolutions. Elles rendent nécessaire la possibilité d'association de données multimédia aux représentations spatio-temporelles des territoires.

Figure 1. Des études sur les territoires sont rendues complexes, car elles mobilisent un monde multiscalaire, multidimensionnel impliquant plusieurs métiers et disciplines avec ce besoin d'une interaction forte entre vues locales et vues globales

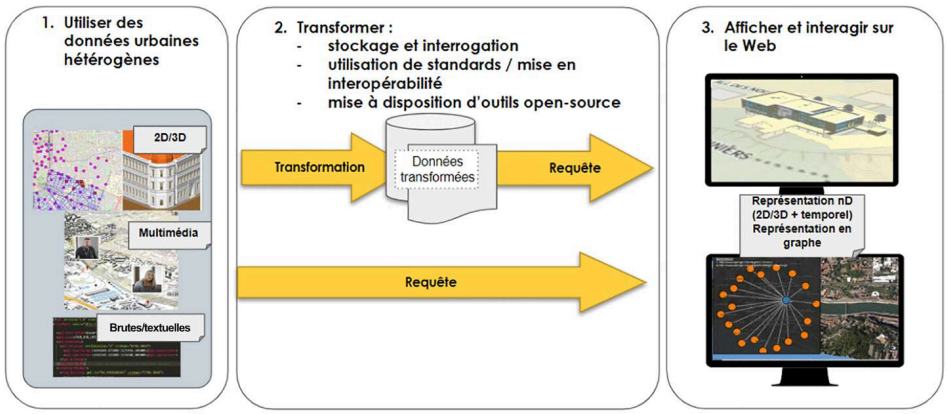


4 La **figure 1** donne un aperçu des besoins qui sous-entendent de pouvoir analyser, interroger et visualiser des données qui composent ces espaces à différentes échelles — monde, villes, quartiers, infrastructures et objets. Les sources sont nombreuses et produites par différentes communautés issues allant du *City Information Modelling* (CIM) au *Building Information Modelling* (BIM). De multiples organisations et experts de différents domaines travaillent sur ces modèles et sur les données associées qui leur apportent une réalité multidimensionnelle (Espace, Temps, Thématique). Le passage entre les métiers, les échelles et les dimensions est un point important pour permettre

une compréhension de ce qui est induit par le local à une échelle plus globale et réciproquement.

5 L'usage de la donnée est souvent limité par l'accès à des outils permettant de produire des vues appropriées nécessaires à la compréhension des territoires. Des outils libres existent pour répondre à certains de ces besoins, mais ne couvrent que partiellement nos attentes d'intégration et de visualisation des données. C'est pour cela que nous proposons la plateforme UD-SV. La **figure 2** décrit les objectifs de la plateforme. UD-SV mobilise des données urbaines brutes et hétérogènes provenant de sources multiples. Ces données doivent être stockées et gérées pour répondre aux besoins d'analyse et de consultation des utilisateurs. Nous imposons des contraintes comme l'utilisation de normes et standards internationaux pour assurer une meilleure interopérabilité ; mais aussi la réutilisation des outils *open source* déjà mis à disposition par la communauté. Les données transformées peuvent, ensuite, être mises en ligne pour être plus facilement accessibles. Enfin, les composants développés sont partagés sous licence *open source*, afin de permettre une meilleure reproductibilité des études, mais aussi une possible réutilisation dans d'autres contextes (réplicabilité).

Figure 2. Les composants de la plateforme UD-SV permettent de mobiliser des données hétérogènes, de les transformer et de les visualiser dans un simple navigateur web



Mappemonde, 2023

6 Dans cet article, nous revenons sur la conception et le développement de la plateforme UD-SV, ainsi que sur certaines de ses fonctionnalités clés. La section suivante décrit l'état de l'art actuel des éléments scientifiques et techniques présents dans la littérature. La conception et le développement de la plateforme UD-SV sont, ensuite, décrits en détail. Afin de démontrer les potentialités de la plateforme, certains cas d'utilisation sont présentés. Enfin, la conclusion de l'article présente les travaux futurs.

État de l'art

7 Ces dernières années ont vu le développement et l'amélioration rapide des Systèmes d'information géographique. Des outils comme QGIS et ArcGIS sont utilisés pour étudier différents phénomènes urbains, en particulier en 2D, même si des fonctionnalités liées à la visualisation 3D sont aujourd'hui proposées dans les deux logiciels. De nombreuses bibliothèques de géovisualisation ont aussi vu le jour, par exemple *Leaflet* ou *Openlayers*,

démocratisant l'utilisation des données ouvertes mises à disposition par des institutions publiques et privées.

8 La recrudescence des données a aussi rendu nécessaire la prise en compte des problématiques d'hétérogénéité des sources, grâce à la définition de multiples normes internationales. Les formats et standards tels que GeoJSON remplacent KML et GML. Les données 3D pour la géographique peuvent s'appuyer sur des standards comme CityGML ou IFC. Des normes et standards tels que WMS, WFS, I3S et 3DTiles permettent ainsi, aujourd'hui, de transmettre les données vers un ou plusieurs clients informatiques (dans des architectures client-serveur) de façon interopérable. Du côté des navigateurs, l'avènement du WebGL (bibliothèque de graphisme pour le Web) offre une pleine mobilisation des données 3D, permettant une évolution des bibliothèques pour la prise en charge des données 3D géolocalisées dans un navigateur comme avec iTowns ou Cesium.

9 Ces normes et standards ont facilité l'interopérabilité entre systèmes, mais le traitement approprié des données urbaines nécessite encore la compréhension d'une multiplicité de normes et standards qui évoluent au cours du temps, en fonction des besoins ; ils demandent la conception d'outils évolutifs s'appuyant sur un ensemble d'outils et de bibliothèques. Il est ainsi préférable d'avoir une approche de conception par composants au lieu d'une approche monolithique qui rendrait ces évolutions plus difficiles. Les outils doivent également permettre un certain contrôle lors du traitement de données permettant de les préparer de façon adéquate et venant en complément de certains outils usuels comme FME, qui reste limité sur le réglage de certains traitements de données 3D.

10 L'approche diachronique nécessaire à la compréhension des territoires est un point important dans nos travaux sur les représentations et la dynamique de la ville. Aujourd'hui, l'évolution vers le modèle conceptuel de CityGML 3.0 permet la prise en compte des temps longs (évolution des territoires), mais aussi des temps courts (données liées à la ville issues de capteurs). Cette évolution, renforcée par le fait de travailler sur un ensemble de scénarios possibles pour un même espace (Samuel *et al.*, 2020), permet d'aller au-delà du simple curseur temporel que l'on peut retrouver dans de nombreuses applications géohistoriques. Nous pouvons citer en exemple les projets virtuels *Kyoto* (Nakaya *et al.*, 2010), *Virtual Leodium* (Pfeiffer *et al.*, 2013), *Virtual London* (Evans *et al.*, 2006) et 4D *Urban Heritage Project* (Münster *et al.*, 2020). L'objectif est d'offrir une barre temporelle aidant les utilisateurs à visualiser un instantané des villes à différentes périodes, ainsi que les changements qui se sont produits entre deux périodes, mais en proposant d'y inclure des temps longs et courts. Ces versions de villes possibles peuvent s'appuyer sur des hypothèses de travail proposées par des urbanistes ou par des historiens. Le nouveau standard CityGML 3.0 apporte toute la potentialité pour aller dans ce sens.

11 De nombreux travaux de recherche proposent l'intégration de corpus documentaires, en particulier les photographies, dans des applications 2D/3D (Friedrichs *et al.*, 2018). Il est aussi, bien sûr, nécessaire de citer *Google Maps* qui propose une visualisation 3D avec des points d'accroches cliquables permettant de visualiser des données additionnelles. Mais il est possible d'aller plus loin, en apportant des modalités complémentaires de visualisation de ces données additionnelles, par exemple avec des plans inscrits dans la scène servant de support à ces documents (Chagnaud *et al.*, 2016) ou en projetant les données sur les bâtiments (Schindler et Dellaert, 2012). Cependant, une telle projection

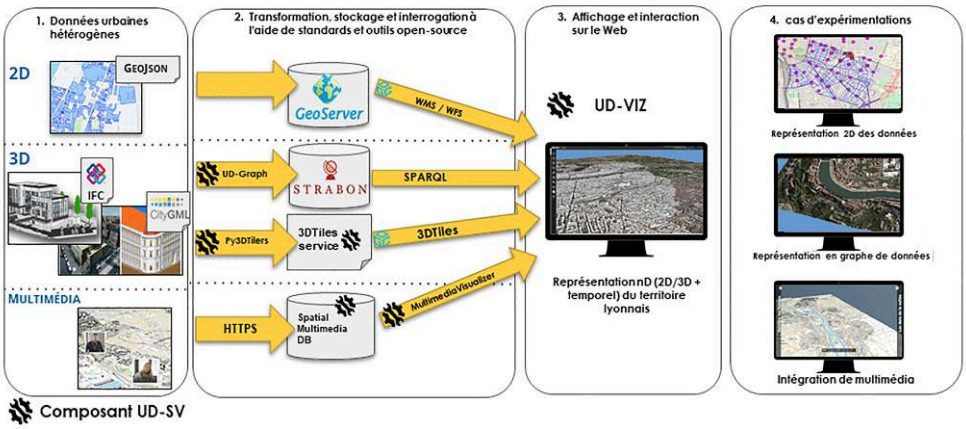
nécessite des métadonnées supplémentaires liées à la photographie, à l'orientation, à la distance focale et à l'emplacement à partir duquel la photographie se trouve, en complément de travaux qui sont menés afin de permettre un placement plus automatique (Paiz-Reyes *et al.*, 2020). L'approche que nous proposerons ici permet de définir manuellement le lien entre données spatio-temporelles et données iconographiques.

12 La plateforme UD-SV se veut résolument liée aux normes et standards actuels développés en particulier par l'*Open Geospatial Consortium* et l'ISO TC/211. L'interopérabilité induite nous permet de facilement coupler des composants issus de la communauté, dans une approche intégratrice, menant ainsi à une réutilisation plutôt qu'à une réécriture monolithique. L'architecture que nous présentons dans la partie suivante apporte cette possibilité.

UD-SV : Conception et développement

13 Nous présentons maintenant les principaux composants de UD-SV (https://github.com/VCityTeam/UD-SV). Différents formats de données urbaines sont collectés et stockés sous leurs formes natives comme CityGML, IFC, GeoJSON, LAZ, OBJ, formats image et vidéo. Ces données sont ensuite transformées et stockées dans différentes bases de données et mises à disposition des utilisateurs. Comme mentionné précédemment, UD-SV ne se limite pas à la conception et à l'utilisation d'une seule base de données, mais prend en charge l'accès à d'autres bases distantes, mises à disposition par différents partenaires, en s'appuyant sur les standards usuels en vigueur. Nous utilisons, notamment, les bases de données relationnelles telles que PostGIS/3DCityDB pour stocker et interroger les données CityGML, ainsi que GeoServer pour prendre en charge les données vectorielles et pouvoir y accéder avec les standards WMS/WFS. Nous utilisons également des bases de données non relationnelles, comme Strabon, pour gérer les données spatio-temporelles sous forme de graphe RDF. Nous avons aussi conçu et déployé une base « *Spatial Multimedia Database* » pour stocker et interroger des données multimédia prenant en compte les possibles relations spatio-temporelles avec le territoire et avec les objets de la ville. Le composant py3DTilers est capable de préparer des données 3D provenant de différents types de données : CityGML, IFC et nuage de points 3D/LAZ ; un composant serveur permet de mettre à disposition ces données. Un composant nommé « *Change détection* » permet de détecter des changements entre deux millésimes de villes proposés en CityGML. Il permet de fournir une représentation 3D temporelle de la ville. UD-Graph est un composant qui permet de traiter les données urbaines géospatialisées avec des approches d'intégration de données issues du Web sémantique en les modélisant sous forme de graphes. Enfin, le composant UD-Viz permet d'accéder à l'ensemble de ces données afin de les visualiser dans un même contexte graphique, au sein d'un navigateur web. La **figure 3** permet d'illustrer l'ensemble de ces composants qui sont décrits techniquement sur les dépôts github dédiés à chacun d'entre eux.

Figure 3. Architecture en composants de la plateforme UD-SV

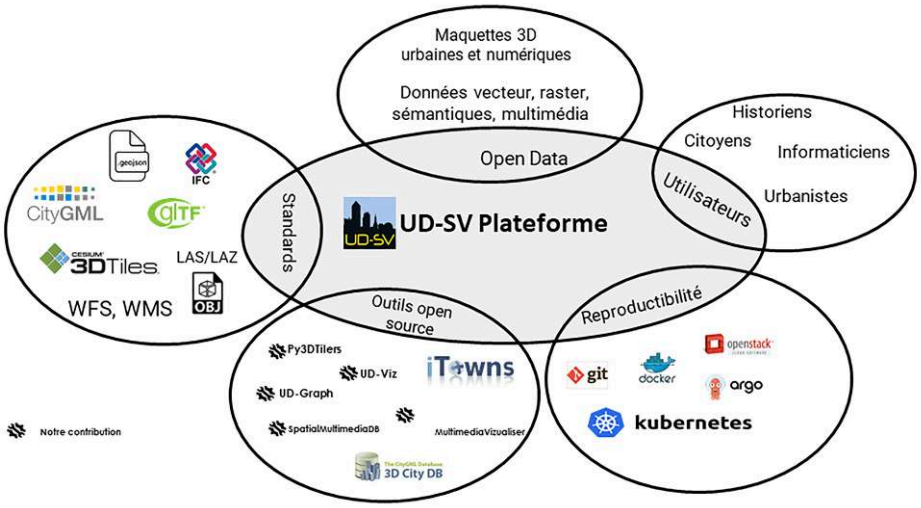


Mappemonde, 2023

Les composants précédés du symbole composé d'une clé et d'un engrenage sont développés au LIRIS.

14 La **figure 4** montre les principaux aspects de la plateforme UD-SV. UD-SV utilise des données ouvertes qui incluent des données vectorielles, rastérisées, sémantiques et multimédia. Ces données sont basées sur des normes et standards internationaux tels que CityGML, GeoJSON, IFC, 3DTiles, glTF, LAS/ LAZ, OBJ, WFS, WMS, etc. Les applications construites à partir de composants UD-SV peuvent répondre à des cas d'usage variés et aider différentes catégories d'utilisateurs, notamment les historiens, les informaticiens, les urbanistes et les citoyens. La plateforme tire le meilleur parti des applications *open source* existantes telles que 3DCityDB et iTowns. Plusieurs outils *open source*, notamment Py3DTilers (pour la génération de jeux de tuiles 3D), UD-Graph (transformation des données CityGML en RDF), UD-Viz (interface de visualisation web de UD-SV), « *SpatialMultimediaDB* » (stockage de documents multimédia et des métadonnées associées) et « *MultimediaVisualizer* » (visualisation de documents multimédia) permettent d'utiliser pleinement les données mises à disposition librement par des collectivités. Plusieurs démonstrations (https://projet.liris.cnrs.fr/vcity/demos/), pour différents cas d'utilisation, ont également été publiées ; des exemples sont présentés dans la partie suivante. Pour assurer la reproductibilité de ces démonstrations, UD-SV utilise des solutions logicielles telles que GitHub, Docker, les *workflows* Argo, OpenStack et Kubernetes (https://github.com/VCityTeam/UD-Reproducibility).

Figure 4. Les éléments clés de UD-SV

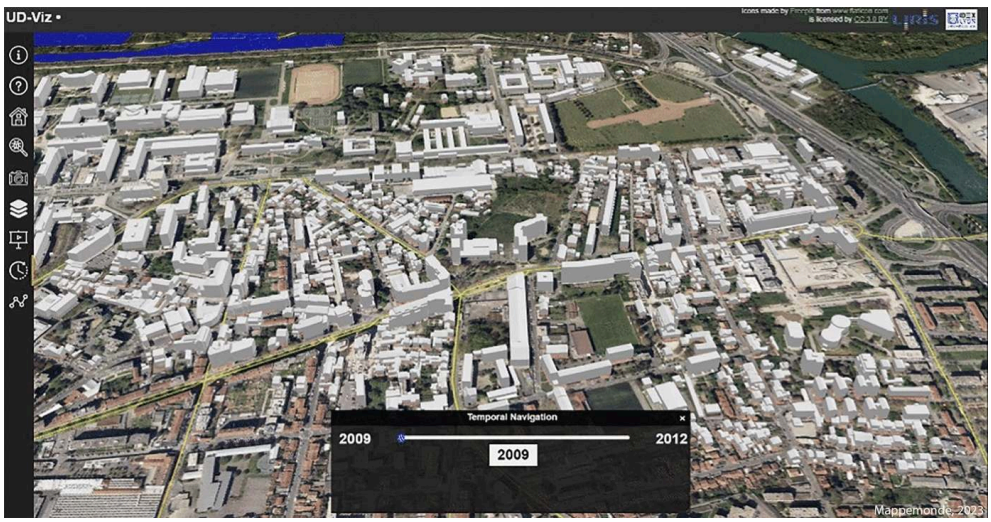


Mappemonde, 2023

Accéder à des données urbaines hétérogènes à n-dimensions, pouvoir les traiter avec des outils *open source*, souvent développés en interne, être en capacité de créer des applications « à façon », en fonction des utilisateurs, à partir de composants atomiques interopérables avec une attention particulière pour la réplicabilité. Avoir la possibilité d'assurer la reproductibilité des résultats proposés.

15 La principale fonctionnalité de la plateforme UD-SV est de fournir une visualisation 3D d'un territoire, c'est-à-dire la possibilité de visualiser les structures 3D d'objets urbains à une échelle réduite à une ville. Un mode planaire est souvent privilégié, même si l'outil iTowns, sur lequel nous nous appuyons, permettrait de proposer un mode globe. Des éléments de ludification, issus des jeux vidéo, permettent une navigation virtuelle dans l'espace et le temps. **La figure 5** montre la visualisation 3D d'un quartier de Lyon. Cette figure illustre, en particulier, la barre temporelle qui peut être utilisée pour afficher l'instantanée d'une ville, suivant différentes versions ou différents scénarios.

Figure 5. Visualisation des changements urbains dans la plateforme UD-SV



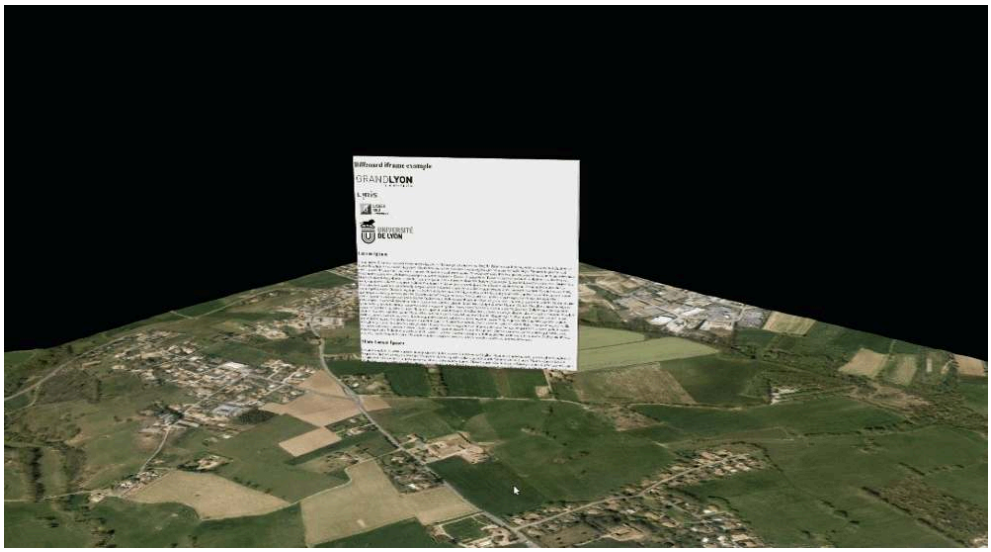
16 Les **figures 6**, **7**, **8** et **9** montrent les différentes façons dont un document multimédia peut être visualisé grâce à la plateforme UD-SV. Le panneau d'affichage (*billboard*) est un moyen par lequel un document est associé à un objet de ville donné. Les

métadonnées d'une photographie peuvent être obtenues en cliquant sur un document associé à un ou plusieurs objets de la ville. De plus, des images telles que des photographies aériennes peuvent également être projetées sur le modèle 3D.

Figure 6. Visualisation de vidéos dans UD-Viz

Des vidéos peuvent être disponibles sous la forme d'icônes. En cliquant sur celles-ci, les vidéos sont alors proposées en plus grande taille.

Figure 7. Visualisation de documents dans UD-Viz

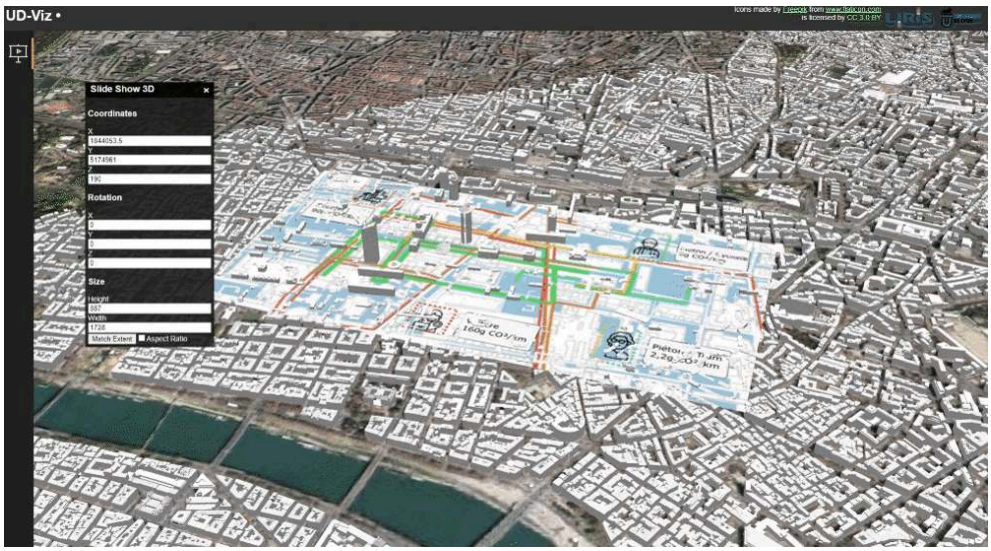


Le même dispositif permet d'accéder à un document qui peut, par exemple, être une page web.

Figure 8. Visualisation de métadonnées dans UD-Viz

Il est possible de consulter un document et ses métadonnées liées.

Figure 9. Visualisation d'images projetées sur le modèle 3D dans UD-Viz

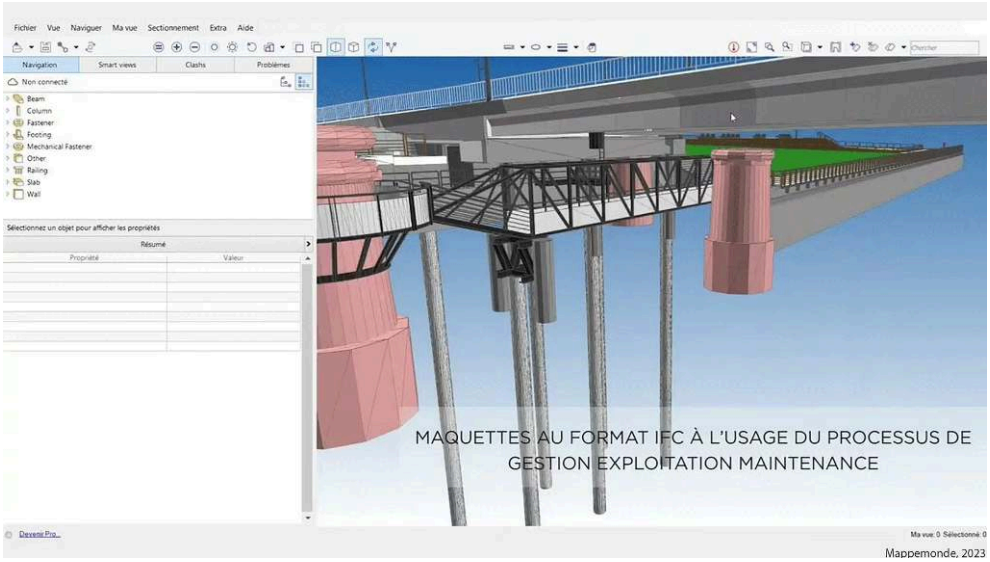


Une représentation issue de QGIS peut directement être projetée dans la scène 3D.

UD-SV : Exemples d'utilisations de composants

17 Les composants de UD-SV ont été utilisés pour différents cas d'usage. Nous pouvons citer : l'aide à la compréhension d'évolutions géohistoriques entre 1800 et 2000 à Lyon, la gestion et la maintenance d'infrastructures, ou encore la découverte des métiers présents sur un territoire. La **figure 10** montre le cas d'usage de la maintenance des éléments composant le pont de Nantes, permettant de visualiser les objets qui le composent ainsi que les éléments liés à sa maintenance.

Figure 10. Utilisation de composants d'UD-SV pour la gestion et la maintenance d'une infrastructure



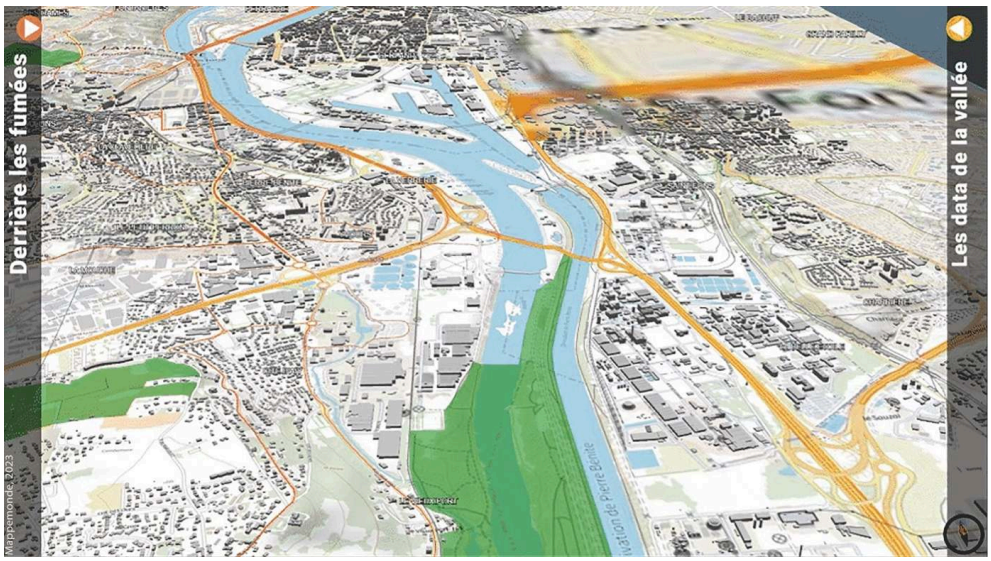
Mise en exemple sur le pont de Nantes (image extraite d'un projet mené en collaboration avec la société Berger-Levrault).

18 Il est aussi possible de mobiliser des composants d'UD-SV pour proposer des accès à de nouvelles données, en interaction avec les modèles 3D. La **figure 11** montre comment le composant UD-Graph, permettant de transformer les données CityGML en RDF, un format orienté graphe, a été utilisé pour lier des représentations d'objets de la ville en graphes à des représentations 3D dans UD-Viz.

Figure 11. Visualisation des données d'un entrepôt de données graphes, transformé avec UD-Graph et visualisé avec UD-Viz

19 Enfin, la **figure 12** montre l'utilisation d'UD-Viz dans une application permettant la découverte de la vallée de la chimie, au sud de Lyon et, en particulier, de ses métiers.

Figure 12. Documentaire web intégrant des composants de la plateforme UD-SV permettant de découvrir le territoire de la vallée de la chimie au sud de Lyon



De la cartographie 2D/3D et des documents multimédias permettent de parcourir cet espace de façon libre ou dirigée. Image extraite d'un projet en collaboration avec la métropole de Lyon et le centre de formation Interfora.

Conclusion

20 Dans cet article, la plateforme UD-SV est présentée. Une vidéo a été réalisée pour présenter tous les travaux de la plateforme (https://www.youtube.com/watch?v=JMvOiQ5SPsw). UD-SV est une plateforme basée sur des composants *open source* permettant d'intégrer, de visualiser, de naviguer, d'interagir et d'interroger des données urbaines n-dimension (Espace 2D/3D, Temps, Thématique) provenant de sources hétérogènes. La plateforme est construite à l'aide de normes et standards ouverts. Avec une architecture basée sur des composants, UD-SV utilise plusieurs bibliothèques *open source* et permet de fournir des outils libres mobilisables par une communauté d'acteurs de la recherche, de collectivités ou d'entreprises. UD-SV peut être utilisé, en tout ou en partie, sous la forme d'un ou plusieurs composants intégrés dans des plateformes internes préexistantes dans les organisations. Avec la documentation proposée, ainsi que l'utilisation des composants Docker et d'identifiants persistants, UD-SV assure également la reproductibilité des démonstrations proposées. Cet article présente certaines de ces utilisations, dans des cas d'usage, qui peuvent être retrouvées sur le site du projet. Les actions futures portent sur la possibilité de mobiliser des éléments de sémiologie graphique 3D dans la plateforme. Nous souhaitons également aller plus loin dans les modalités de visualisation d'un territoire à différentes échelles.

BIBLIOGRAPHIE

BILJECKI F., STOTER J., LEDOUX H., ZLATANOVA S., ÇÖLTEKIN A. (2015). "Applications of 3D city models: State of the art review". *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 4, n° 4, p. 2842-2889.

CHAGNAUD C., SAMUEL J., SERVIGNE S., GESQUIÈRE G. (2016). "Visualization of Documented 3D Cities". *Proccedings of Eurographics Workshop on Urban Data Modelling and Visualisation*, p. 87-93.

CHATURVEDI K., SMYTH C. S., GESQUIÈRE G., KUTZNER T., KOLBE T. H. (2017). "Managing Versions and History Within Semantic 3D City Models for the Next Generation of CityGML". *In* A. ABDUL-RAHMAN, éd., *Advances in 3D Geoinformation*, p. 191-206.

EVANS S., HUDSON-SMITH A., BATTY. M. (2006). "3-D GIS: Virtual London and beyond: An exploration of the 3-D GIS experience involved in the creation of Virtual London". *Cybergeo*, « 2007-2006. Sélection des meilleurs articles de SAGEO 2005 ». En ligne : https://journals.openedition.org/cybergeo/2871

FRIEDRICHS K., MÜNSTER S., KRÖBER C., BRUSCHKE J. (2018). "Creating Suitable Tools for Art and Architectural Research with Historic Media Repositories". *In* S. MÜNSTER, K. FRIEDRICHS, F. NIEBLING, A. SEIDEL-GRZESIŃSKA, éd., *Digital Research and Education in Architectural Heritage*, p. 117-138.

MÜNSTER S., MAIWALD, F., LEHMANN, C., LAZARIV, T., HOFMANN, M., NIEBLING, F. (2020). "An Automated Pipeline for a Browser-Based, City-Scale Mobile 4D VR Application Based on Historical Images". *Proceedings of the second Workshop on Structuring and Understanding of Multimedia HeritAge Contents*, p. 33-40.

NAKAYA T., YANO K., ISODA Y., KAWASUMI T., TAKASE Y., KIRIMURA T., TSUKAMOTO A., MATSUMOTO A., SETO T., IIZUKA T. (2010). *Virtual Kyoto Project: Digital Diorama of the Past, Present, and Future of the Historical City of Kyoto*. Springer : Berlin/Heidelberg, p. 173-187.

PAIZ-REYES E., BRÉDIF M., CHRISTOPHE S. (2020). "Geometric distortion of historical images for 3D visualisation". *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. 2-2020, p. 649-655.

PFEIFFER M., CARRÉ C., DELFOSSE V., HALLOT P., BILLEN R. (2013). "Virtual leodium: from an historical 3D city scale model to an archaeological information system". *ISPRS Annals of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. II-5/W1, p. 241-246.

SAMUEL J., SERVIGNE S., GESQUIÈRE G. (2020). "Representation of concurrent points of view of urban changes for city models". *Journal of Geographical Systems*, vol. 22, n° 3, p. 335-359.

SCHINDLER G., DELLAERT F. (2012). "4D Cities: Analyzing, Visualizing, and Interacting with Historical Urban Photo Collections". *Journal of Multimedia*, vol. 7, n° 2, p. 124-131.

RÉSUMÉS

Cet article présente la plateforme UD-SV (*Urban Data Services and Visualization*) développée au laboratoire LIRIS. UD-SV regroupe un ensemble de composants s'appuyant sur du code ouvert permettant de stocker, de visualiser, d'interagir, de naviguer et d'interroger des modèles de villes 2D et 3D, mais aussi temporels. UD-SV permet d'intégrer des données spatiales, temporelles et sémantiques pour l'analyse urbaine et pour la compréhension de son évolution. Nous

décrivons l'architecture, la conception, le développement et nous exemplifions avec quelques processus de calcul de UD-SV.

AUTEURS

CLÉMENT COLIN

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon, Université Lumière Lyon 2, Berger-Levrault

CORENTIN GAUTIER

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon, Université Lumière Lyon 2, Labex Intelligence des mondes urbains

DIEGO VINASCO-ALVAREZ

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon, Université Lumière Lyon 2

JOHANNA DELANOY

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon, INSA Lyon

GILLES GESQUIÈRE

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon, Université Lumière Lyon 2, Labex Intelligence des mondes urbains

JOHN SAMUEL

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon, CPE Lyon, Labex Intelligence des mondes urbains

SYLVIE SERVIGNE

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon, INSA Lyon, Labex Intelligence des mondes urbains

ÉRIC BOIX

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon

THIBAULT DUPONT

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon, CPE Lyon

MATHIEU LIVEBARDON

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon

VALENTIN MACHADO

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon, Labex Intelligence des mondes urbains

LORENZO MARNAT

Laboratoire LIRIS UMR CNRS 5205, Université de Lyon, Labex Intelligence des mondes urbains