



HAL
open science

Visualisation d'équipements de la maintenance à l'aide de données géospatiales

Clement Colin, John Samuel Samuel, Sylvie Servigne, Y Miloudi, Gilles
Gesquière

► To cite this version:

Clement Colin, John Samuel Samuel, Sylvie Servigne, Y Miloudi, Gilles Gesquière. Visualisation d'équipements de la maintenance à l'aide de données géospatiales. Les journées Françaises de l'Informatique Graphique (JFIG) 2021, Nov 2021, Sophia-antipolis, France. hal-03464886

HAL Id: hal-03464886

<https://hal.science/hal-03464886>

Submitted on 3 Dec 2021

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.

Visualisation d'équipements de la maintenance à l'aide de données géospatiales

C. Colin,¹ S. Servigne,² J. Samuel,³ Y. Miloudi,⁴ and G. Gesquière⁵

¹Université Claude Bernard Lyon 1, LIRIS UMR-CNRS 5205, Université de Lyon, Lyon, France - clement.colin@univ-lyon1.fr

²INSA Lyon, LIRIS UMR-CNRS 5205, Université de Lyon, Lyon, France - sylvie.servigne@insa-lyon.fr

³CPE Lyon, LIRIS, UMR-CNRS 5205, Université de Lyon, Lyon, France - john.samuel@cpe.fr

⁴Berger-Levrault - youssef.miloudi@carl.eu

⁵Université Lumière Lyon 2, LIRIS UMR-CNRS 5205, Université de Lyon, Lyon, France - gilles.gesquiere@univ-lyon2.fr

Abstract

La gestion de maintenance assistée par l'ordinateur a pour objectif d'assister les agents d'administrations et d'entretiens dans leurs missions de maintiens d'équipements (bâtiment, réseau, climatisation, robinet ...). Ces équipements disposent de différentes représentations présentes dans des sources de données géospatiales. Elles peuvent permettre une meilleure compréhension d'un équipement en apportant de nouvelles informations. Dans cet article, nous proposons une solution pour mobiliser et visualiser différentes données géospatiales, (Ifc, CityGML, Obj ...) dans un même environnement de visualisation sur le web, à l'aide de flux standardisés (WFS, WMS) et de formats de géométrie standardisé (3DTiles).

1. Introduction

La gestion de maintenance assistée par l'ordinateur a pour objectif d'assister les services de maintenances, plus précisément les agents d'administrations et d'entretiens dans leurs missions de maintiens d'équipements (bâtiment, réseau, climatisation, robinet ...). La GMAO permet une meilleure compréhension des équipements à entretenir et à maintenir en état, grâce à l'apport d'informations permettant de les décrire et de les comprendre.

À mesure que les données deviennent de plus en plus disponibles, identifier et utiliser celles pouvant fournir plus d'informations sur les équipements peut aider en ce sens. Par exemple, l'intégration de systèmes d'information géographique (SIG) à la GMAO [MD02] contribue à cet objectif : l'utilisation de données géospatiales issues de SIG permet notamment à un gestionnaire d'équipement de localiser facilement des équipements dispersés sur un territoire.

Ces données sont présentes dans différents domaines (BIM, SIG, CAD, ...) avec leurs propres modèles de données (Ifc, CityGML, ...). Naturellement, utiliser ces données dans un même environnement pose des problèmes d'interopérabilité. C'est pourquoi il est nécessaire de comprendre leurs structures, philosophies de construction et usages afin de les utiliser au mieux.

Un équipement peut donc avoir d'autres représentations dans des sources de données géospatiales, plus ou moins détaillées, structurées ou non, destinées à des usages différents, allant d'une simple géolocalisation associée à des données sémantiques jusqu'au mod-

èle 3D réaliste. Mobiliser l'ensemble de ces données et être capable de les visualiser dans un même environnement peut aider la GMAO dans la réalisation de ses missions. En effet, l'apport d'informations visuelles peut aider à mieux comprendre un équipement. Pour un agent de la maintenance, cela permet notamment de mieux comprendre sa topologie, ou bien de comprendre où il se situe, dans la ville mais aussi à l'intérieur d'un bâtiment. Par exemple, il est plus facile d'appréhender la topologie du réseau d'eau d'un bâtiment en utilisant de la 3D car elle permet de visualiser le réseau à travers différents étages. Également, il peut être intéressant pour un service d'administration de visualiser le parc d'équipement sur un territoire donnée, afin d'interagir plus facilement avec et d'obtenir une vue informée de ces équipements.

Dans cet article, nous proposons une solution afin de mobiliser et visualiser différentes données géospatiales dans un même environnement de visualisation 2D et 3D sur le web. L'objectif ici est de proposer à l'utilisateur la possibilité de naviguer dans les différentes représentations disponibles d'un équipement présentes dans différentes sources de données géospatiales. La navigation 3D doit répondre à un besoin de compréhension de l'équipement et ne doit pas donner l'impression de naviguer dans un espace 3D comme dans un jeu vidéo. Comme notre solution doit être implémentée dans un logiciel de GMAO existant, CarlSource, développé par CarlSoftware, un effort particulier a été réalisé sur l'aspect reproductible et générique de la solution.

Dans la partie 2 de cet article, nous présentons les solutions existantes permettant de visualiser des données géométriques sur le

web, ainsi que les travaux effectués pour l'intégration et la visualisation de données géospatiales. La méthode utilisée afin de visualiser un ensemble de données géospatiales et de la maintenance dans un même environnement sera décrite dans la partie 3. Une expérimentation de cette méthode sera décrite dans la partie 4. Finalement, nous concluons cet article dans la partie 5, en présentant les résultats obtenus et en précisant notamment nos futurs travaux.

2. Etat de l'art

Les données géospatiales peuvent offrir de nouvelles représentations des équipements et fournir davantage d'informations à leur sujet. La mobilisation de ces données, notamment dans un même environnement, est une problématique que beaucoup tentent de résoudre. Il existe différents modèles pour représenter des équipements à différentes échelles : à l'échelle de la ville, comme par exemple CityGML pour des SIG 3D, à l'échelle du bâtiment, comme par exemple Ifc pour le BIM. Ces modèles contiennent pour la plupart une représentation géométrique, 2D ou 3D, qu'il est nécessaire de mobiliser et visualiser.

L'Open Geospatial Consortium (OGC) a défini plusieurs Open Web Services pour accéder à des données géospatiales 2D et les visualiser. Les deux principaux services existants sont les Web Feature Services (WFS) et les Web Map Services (WMS). Ces services donnent accès à la géométrie et la sémantique de features, définies par l'OGC comme le point de départ de la modélisation d'informations géographiques, et l'abstraction d'un phénomène du monde réel. Grâce à ces services, il est possible de récupérer des données géométriques normalisées sous forme d'image vectorielle ou rasterisée.

Pour représenter des données géospatiales 3D, l'OGC a également défini le format 3DTiles comme "conçu pour le streaming et le rendu de contenu géospatial 3D massif tel que la photogrammétrie, les bâtiments 3D, le BIM/CAD, les features instanciées et les nuages de points".

Il permet de partager, de visualiser et d'interagir avec des données géospatiales 3D massives et hétérogènes dans des applications desktop, web et mobile. Ce format vise à aider à décrire et visualiser la géométrie triangulée 2D et 3D ou les nuages de points sur le web. Comme il s'agit de la norme la plus couramment utilisée pour représenter les données géospatiales 3D sur le web, nous l'utiliserons.

En utilisant ces normes, certains se sont concentrés sur la visualisation des objets de la ville, par exemple des données CityGML. [GVB*15] a proposé de visualiser des données CityGML sur le web en créant des 3DTiles, permettant à l'utilisateur de naviguer dans une ville à l'aide d'un environnement 3D. Un aspect intéressant de cette approche est que les auteurs ont réussi à maintenir un lien entre une instance CityGML et sa représentation 3D dans les 3DTiles, ce qui signifie qu'il est possible d'obtenir plus d'informations que la simple géométrie d'un bâtiment à l'aide de la sémantique présente dans le modèle CityGML. Suivant la même approche, [JSG20] a proposé une solution pour détecter les changements dans la ville entre différentes périodes en utilisant CityGML et stocker ces changements dans 3DTiles, permettant à l'utilisateur de naviguer dans une ville en 4D, à savoir dans un espace 3D et

dans le temps. Ce travail pourrait aider à représenter l'évolution d'un équipement.

D'autres travaux sont concentrés autour de la visualisation de données de bâtiment, par exemple, en cherchant à convertir des fichiers Ifc en 3DTiles. [CSRS18] a proposé une solution utilisant des outils open source mais ne créer qu'une seule géométrie pour tout un fichier Ifc, et ne permet pas de récupérer la sémantique associée. La solution de [XZL*20] permet de créer différentes géométries pour chaque objet Ifc et de garder la sémantique associée directement dans le 3D Tiles généré. Néanmoins, le lien vers l'instance Ifc d'origine est perdu, et stocker la sémantique dans un 3D Tiles à côté de la géométrie nécessite soit de perdre de la fluidité de visualisation soit de perdre de l'information.

Pour conserver un lien entre une géométrie et son origine, [HKDK20] a proposé une méthode permettant à un utilisateur d'interroger une base 3DcityDB ou BimServer pour récupérer des géométries d'objets sous forme de GLTF (format de fichier standardisé de scènes et géométries 3D). Cependant, la géométrie n'est alors pas organisée dans l'espace, une caractéristique obligatoire lorsqu'on travaille avec une grande quantité de géométrie.

Afin de visualiser des objets de la ville et du bâtiment, on peut vouloir se concentrer sur la conversion ou l'intégration BIM-SIG. Cependant, d'après [ZWWW18], ce sujet implique différentes problématiques à résoudre, au niveau géométrique et sémantique. Comme [FSRC15] l'a décrit : "Alors que le BIM se concentre sur l'environnement intérieur, les SIG se préoccupent principalement de l'environnement extérieur. Le BIM fournit un niveau de détail plus élevé et traite principalement des bâtiments, alors que les SIG n'ont pas ce niveau de détail élevé", ce qui signifie que ce travail d'intégration impliquerait pour le moment à de la perte d'informations critiques dont nous pourrions avoir besoin, les solutions actuelles devant encore faire l'objet de recherches supplémentaires pour être génériques.

Il existe donc un besoin de solutions pour visualiser et naviguer dans des données géospatiales hétérogènes, de la ville à l'intérieur des bâtiments, en considérant les données Ifc et CityGML comme les modèles les plus utilisés de nos jours. Ces données offrent différentes représentations d'équipements, et apportent donc différentes informations clés à leur sujet. Afin de les visualiser sur le web, l'utilisation de standards tels que WMS/WFS et 3DTiles semble être incontournable.

Nous nous concentrerons sur l'utilisation des données depuis leurs sources car notre objectif est de laisser les données évoluer dans leurs propres sources, ce qui signifie qu'une donnée peut évoluer indépendamment des autres, et de rassembler des informations sur un équipement uniquement lorsque cela est nécessaire.

3. Méthodologie

Notre objectif est de pouvoir mobiliser et visualiser différentes représentations d'équipements de la maintenance dans un même environnement de visualisation sur le web. Ces représentations peuvent être stockées dans des fichiers ou dans des bases de données, et peuvent appartenir à la GMAO ou à différents domaines contenant des données géospatiales, comme des SIG, du BIM, du CAD ... Afin de visualiser ces représentations, il est nécessaire de

162 trouver une solution permettant de visualiser à la fois les données
 163 géométriques 2D ou 3D, mais également de récupérer et afficher les
 164 données sémantiques associées. Comme nous souhaitons garder le
 165 plus d'informations possible sur un équipement, nous récupérerons
 166 les données sémantiques directement depuis leurs sources.

167 Nous avons donc besoin d'une solution permettant de visu-
 168 aliser à la fois des données géométriques mais aussi sémantiques
 169 et offrant à l'utilisateur la possibilité d'interagir avec les données,
 170 comme il pourrait le faire dans un logiciel de GMAO classique.
 Ainsi, nous proposons un pipeline générique (figure 1) permettant

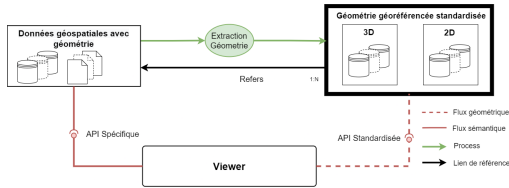


Figure 1: Architecture cible

171 de transformer les données géométriques dans un format standard-
 172 isé permettant notamment de les visualiser plus facilement. En effet,
 173 le viewer n'aura donc pas besoin de connaître tous les modèles
 174 de données géospatiales en amont, décrivant les géométries
 175 de façons diverses. Afin de garder un lien entre les géométries extra-
 176 itées et les sources de données, les géométries doivent garder une
 177 référence vers elles. Garder ce lien permettra par la suite au viewer
 178 de récupérer les informations sémantiques associées à la géométrie
 179 affichée. De plus, transformer les géométries vers des formats stan-
 180 dardisés permet de résoudre diverses problématiques liées à la visu-
 181 alisation de la géométrie sur le web, telles que l'organisation spa-
 182 tiale, la définition de la géométrie et le nombre de géométries à
 183 afficher, que les modèles d'origines ne traitent pas.

184 Finalement, le viewer pourra donc récupérer les géométries à affi-
 185 cher en utilisant une API standardisée, et récupérer au besoin des
 186 données sémantiques additionnelles depuis les sources de données
 187 directement à l'aide du lien précédemment stocké.

188 Les solutions pour réaliser ce pipeline pour chaque modèle de
 189 données géospatiales utilisés peuvent être différentes et utiliser de
 190 multiple composants. De ce fait, il sera alors possible de composer
 191 parmi différents modèles au choix, d'assurer un lien faible entre les
 192 composants utilisés et donc de pouvoir utiliser différentes solutions
 193 pour chaque modèle si besoin, sans altérer le fonctionnement des
 194 autres solutions.

196 **4. Expérimentation**

197 Cette partie explique la mise en application de la méthodolo-
 198 gie précédemment présentée. L'architecture globale technique est
 199 représentée dans la figure 3. Nous présenterons dans un premier
 200 temps les données et composants utilisés, puis les solutions perme-
 201 ttant de visualiser les géométries extraites leurs sources de données
 202 seront décrites.



Figure 2: Vue de géométries extraites de données BIM (en jaune) et SIG (en blanc) dans UD-Viz

203 **4.1. Composants**

204 Comme nous nous concentrons sur l'utilisation de flux standard-
 205 isés, en particulier WMS et WFS pour l'ensemble des géométries
 206 2D, ou de formats standardisés, par exemple 3D Tiles pour les
 207 géométries 3D, le viewer doit être capable de visualiser ces données
 208 dans une même scène, ce que le viewer UD-Viz [Vci21] permet,
 209 comme présenté dans la figure 2. Par exemple, les géométries 2D
 210 de la GMAO sont extraites depuis CarlSource dans un GeoServer et
 211 servies par un flux WMS. Quant à elles, les géométries 3D sont ex-
 212 traitées de leurs sources, puis stockées à l'aide de 3DTiles et servies
 213 avec 3D-Tiles-Samples, un simple serveur NodeJS.
 214 Chaque géométrie extraite d'une source de données doit inclure
 215 un lien avec celle-ci afin de permettre à l'utilisateur d'obtenir
 216 des informations supplémentaires. Par exemple, il est possible de
 217 récupérer des données sémantiques d'objets Ifc à l'aide de BIM-
 218 server, d'objet CityGML à l'aide de 3DCityDB et d'équipements à
 l'aide de CarlSource.

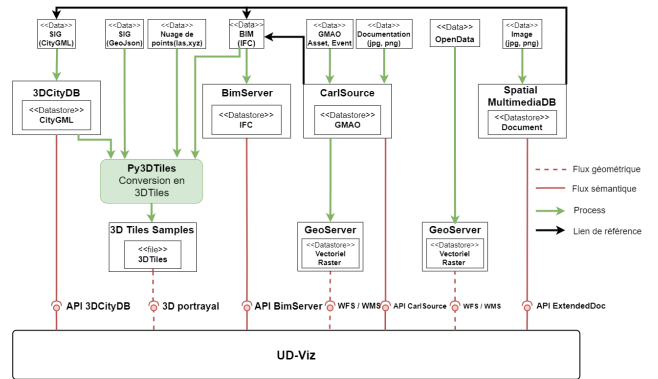


Figure 3: Architecture logicielle et technique

219

220 **4.2. Transformation**

221 Ce lien entre géométrie et source peut être assuré grâce au for-
 222 mat 3DTiles : chaque tuile peut contenir plusieurs géométries et
 223 est stockée dans le format B3DM. Ce format permet notamment
 224 l'association de données sémantiques à des géométries. Dans notre

cas, nous stockons une référence vers l'origine des données et l'identifiant de cette instance si nécessaire. Comme ces informations sont stockées au même endroit que la géométrie, elles peuvent être facilement récupérées dans le viewer. Ainsi, pour assurer ce lien, il est nécessaire de comprendre et de contrôler la création de 3DTiles.

Py3DTiles est une solution Open Source, créée à l'origine pour travailler avec des nuages de points et manipuler des 3DTiles : fusionner plusieurs 3D Tiles ou afficher des informations sur leur contenu. Suite au travail de [JSG20] qui a proposé une extension pour travailler avec CityGML et des données temporelles, nous avons créé d'autres extensions pour plusieurs types de données : .Obj, qui peut représenter des objets CAO, et GeoJSON, qui peut représenter des données SIG, en 2D ou en 3D, par extrusion de polygone 2D.

La transformation des Ifc en 3DTiles nécessite un travail plus spécifique. Pour pouvoir filtrer les géométries à visualiser, elles doivent être organisées dans les 3DTiles en suivant l'organisation du format Ifc, c'est-à-dire que la transformation ne doit pas produire une géométrie unique pour l'ensemble des objets d'une instance Ifc. Nous avons donc créé une autre extension pour py3DTiles en utilisant IfcOpenShell, une librairie permettant de travailler avec des fichiers Ifc.

4.3. Navigation dans les données

Le viewer permet de visualiser les géométries des représentations d'équipements de différentes sources et d'interagir avec eux. Plus précisément, comme montré dans la figure 4 et 5, il est possible de naviguer dans ces données, en filtrant les géométries à afficher et en récupérant les données sémantiques associées. Notamment, il est possible de récupérer les informations d'un équipement de la GMAO, soit en allant récupérer des informations depuis le fichier Ifc, soit en utilisant un lien entre une instance Ifc et une instance GMAO, permettant alors de mobiliser les informations de



Figure 4: Visualisation d'un bâtiment provenant du BIM (en blanc) et de la sémantique associée à une dalle sélectionnée (en bleu) : dans le cadre A, information provenant de l'instance Ifc de la dalle, dans le B, information sur l'instance de la géométrie dans le 3DTiles, dans le C, le document lié à l'instance Ifc de la dalle.

la figure 4, en étendant le travail de [Jai20], il est possible de lier un document à une géométrie, provenant de sources différentes, en utilisant les données associées aux géométries : leur origine et identifiant. Également illustré dans la figure 4, il est possible de récupérer les données sémantiques liées à une géométrie, ici, celles d'une instance Ifc stockée dans BimServer.

5. Conclusions et perspectives

Notre solution permet donc de visualiser un ensemble de représentations d'équipement provenant de sources différentes : Ifc, CityGML, .Obj, et de domaines différents : BIM, SIG, CAO. L'extraction et la transformation de la géométrie de ces données vers un format standardisé permet une utilisation plus facile, notamment car il est alors possible pour le viewer d'ignorer les modèles de données d'origine. Il est également possible de mobiliser

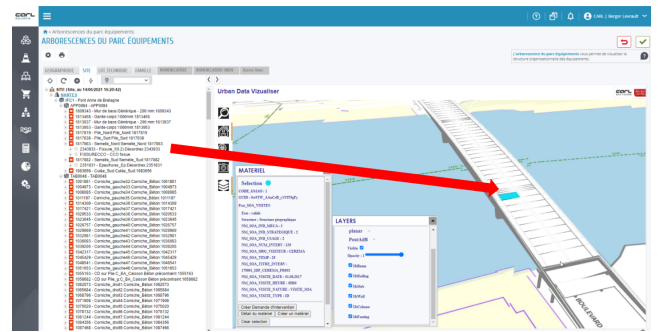


Figure 5: Intégration de la solution dans CarlSource, avec la visualisation d'une instance Ifc d'un pont, et le lien symbolisé par une flèche rouge entre la géométrie d'une dalle et l'instance GMAO de cette dalle

les données sémantiques associées aux géométries affichées tout en laissant les données évoluer dans leurs propres sources. L'utilisation de composants faiblement couplés permet de créer des vues personnalisées et de choisir les données à utiliser, en plus de pouvoir changer les solutions utilisées pour chaque problématique. L'effort de reproductibilité, en créant des conteneurs Docker pour chaque composant, a permis l'intégration de notre solution dans CarlSource (figure 5).

Afin d'améliorer cette solution, différents travaux sont envisageables : il existe notamment un besoin d'identifier et de lier les différentes représentations d'un même équipement, par exemple par comparaison sémantique ou géométrique, de façon à ce que l'utilisateur puisse choisir, parmi les différentes représentations existantes, la géométrie à afficher.

Dans cette volonté d'amélioration de la navigation dans les données, utiliser un flux standardisé pour servir les données 3D, comme par exemple GeoVolume API qui est en cours de définition par l'OGC, pourrait aider à fluidifier et automatiser cette navigation, en permettant de changer automatiquement les représentations affichées d'un équipement en fonction de l'échelle souhaitée.

295 6. Remerciements

296 Les auteurs souhaitent remercier Berger-Levrault pour le finance-
297 ment du projet d'étude mené par Clément Colin. Ces travaux ont
298 été réalisés dans le cadre du projet VCity du LIRIS [Vci12].

299 References

- 300 [CSRS18] CHEN Y., SHOORAJ E., RAJABIFARD A., SABRI S.: From
301 ifc to 3d tiles: An integrated open-source solution for visualising bims
302 on cesium. *ISPRS International Journal of Geo-Information* 7, 10 (Sept.
303 2018), 393. URL: [http://www.mdpi.com/2220-9964/7/10/](http://www.mdpi.com/2220-9964/7/10/393)
304 [393](http://www.mdpi.com/2220-9964/7/10/393), doi:10.3390/ijgi7100393. 2
- 305 [FSRC15] FOSU R., SUPRABHAS K., RATHORE Z., CORY C. A.: In-
306 tegration of building information modeling (bim) and geographic infor-
307 mation systems (gis) – a literature review and future needs. 2
- 308 [GVB*15] GAILLARD J., VIENNE A., BAUME R., PEDRINIS F., PEY-
309 TAVIE A., GESQUIÈRE G.: Urban data visualisation in a web browser. In
310 *Proceedings of the 20th International Conference on 3D Web Technology*
311 (New York, NY, USA, June 2015), Web3D '15, Association for Comput-
312 ing Machinery, pp. 81–88. URL: [https://doi.org/10.1145/](https://doi.org/10.1145/2775292.2775302)
313 [2775292.2775302](https://doi.org/10.1145/2775292.2775302), doi:10.1145/2775292.2775302. 2
- 314 [HKDK20] HIJAZI I. H., KRAUTH T., DONAUBAUER A., KOLBE
315 T.: 3dcitydb4bim: A system architecture for linking bim server
316 and 3d citydb for bim-gis integration. *ISPRS Annals of Pho-*
317 *togrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sci-*
318 *ences V-4-2020* (Aug. 2020), 195–202. URL: [https://www.](https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/V-4-2020/195/2020/)
319 [isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.](https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/V-4-2020/195/2020/)
320 [net/V-4-2020/195/2020/](https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/V-4-2020/195/2020/), doi:10.5194/
321 [isprs-annals-v-4-2020-195-2020](https://www.isprs-ann-photogramm-remote-sens-spatial-inf-sci.net/V-4-2020/195/2020/). 2
- 322 [Jai20] JAILLOT V.: *3D, temporal and documented cities : formal-*
323 *ization, visualization and navigation*. Theses, Université de Lyon,
324 Sept. 2020. URL: [https://tel.archives-ouvertes.fr/](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03228436)
325 [tel-03228436](https://tel.archives-ouvertes.fr/tel-03228436). 4
- 326 [JSG20] JAILLOT V., SERVIGNE S., GESQUIÈRE G.: Delivering
327 time-evolving 3D city models for web visualization. *Internat-*
328 *ional Journal of Geographical Information Science* 34, 10 (Oct.
329 2020), 2030–2052. URL: [https://www.tandfonline.](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658816.2020.1749637)
330 [com/doi/full/10.1080/13658816.2020.1749637](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658816.2020.1749637),
331 [doi:10.1080/13658816.2020.1749637](https://www.tandfonline.com/doi/full/10.1080/13658816.2020.1749637). 2, 4
- 332 [MD02] MCKIBBEN J., DAVIS D.: Integration of gis with computer-
333 ized maintenance management systems (cmms) and asset management
334 systems. URL: [http://proceedings.esri.com/library/](http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap0554/p0554.htm)
335 [userconf/proc02/pap0554/p0554.htm](http://proceedings.esri.com/library/userconf/proc02/pap0554/p0554.htm). 1
- 336 [Vci12] VCITY: Projet vcity du liris. [http://projet.liris.](http://projet.liris.cnrs.fr/vcity/)
337 [cnrs.fr/vcity/](http://projet.liris.cnrs.fr/vcity/), 2012. [Online; accessed 13-October-2021]. 5
- 338 [Vci21] VCITY: Ud-viz : a javascript library based on itowns allowing
339 to visualize, analyse and interact with urban data. [http://github.](http://github.com/VCityTeam/UD-Viz)
340 [com/VCityTeam/UD-Viz](http://github.com/VCityTeam/UD-Viz), 2021. [Online; accessed 13-October-
341 2021]. 3
- 342 [XZL*20] XU Z., ZHANG L., LI H., LIN Y.-H., YIN S.:
343 Combining IFC and 3D tiles to create 3D visualization for
344 building information modeling. *Automation in Construction*
345 109 (Jan. 2020), 102995. URL: [https://linkinghub.](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580519304285)
346 [elsevier.com/retrieve/pii/S0926580519304285](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580519304285),
347 [doi:10.1016/j.autcon.2019.102995](https://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0926580519304285). 2
- 348 [ZWWW18] ZHU J., WRIGHT G., WANG J., WANG X.: A Critical Re-
349 view of the Integration of Geographic Information System and Building
350 Information Modelling at the Data Level. *ISPRS International Journal*
351 *of Geo-Information* 7, 2 (Feb. 2018), 66. Number: 2 Publisher: Multidis-
352 ciplinary Digital Publishing Institute. URL: [https://www.mdpi.](https://www.mdpi.com/2220-9964/7/2/66)
353 [com/2220-9964/7/2/66](https://www.mdpi.com/2220-9964/7/2/66), doi:10.3390/ijgi7020066. 2