



HAL
open science

Conception Multi-Scalaire des Jumeaux Numériques des Environnements Urbains Construits : Méthodologie Orientée OpenUSD

Igor Agbossou

► **To cite this version:**

Igor Agbossou. Conception Multi-Scalaire des Jumeaux Numériques des Environnements Urbains Construits : Méthodologie Orientée OpenUSD. Congrès National de la Recherche des IUT, Université de Haute-Alsace (UHA) Mulhouse - Colmar [Université de Haute-Alsace (UHA)], Mar 2024, Mulhouse, France. hal-04619913

HAL Id: hal-04619913

<https://hal.science/hal-04619913v1>

Submitted on 21 Jun 2024

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.

Conception Multi-Scaire des Jumeaux Numériques des Environnements Urbains Construits : Méthodologie Orientée OpenUSD

Igor Agbossou

igor.agbossou@univ-fcomte.fr

IUT Nord Franche-Comté

Université de Franche-Comté, Laboratoire Théma UMR 6049

Thèmes – Environnement - Informatique - Imagerie - Mathématiques - SHS

Résumé – Les récents progrès scientifiques et technologiques contribuent fortement à l'effacement progressif des frontières entre les champs disciplinaires. Les jumeaux numériques sont un exemple emblématique de la prochaine vague de technologies disruptives des approches d'aide à la décision en aménagement du territoire et la planification urbaine. Ils sont devenus des outils indispensables en matière d'urbanisme, fournissant des représentations dynamiques et interactives des paysages urbains tels que construits. Un jumeau numérique urbain (JNU) est une technologie à fort potentiel pour transformer la gestion et la planification des infrastructures et des systèmes des villes intelligentes durables vers la durabilité environnementale.

Cet article présente une perspective méthodologique de la conception des JNU, en mettant l'accent sur la prise en compte des contraintes multi-scales des dynamiques urbaines. Cette considération est enrichie par le concept de niveau de détail (NdD). La modélisation est ancrée dans les normes et spécifications OpenUSD.

Développé par Pixar Animation Studios, le format USD (Universal Scene Description) maintenant rebaptisé OpenUSD, est une technologie open source qui offre une approche standardisée pour représenter et échanger de manière interopérable des données 3D évolutives. Il permet ainsi une capture nuancée des caractéristiques visuelles urbaines. Notre méthodologie prend en considération les contraintes observées dans les cadres des JNU existants. Les résultats soulignent le rôle essentiel de la représentation multi-scaire et de l'intégration des normes OpenUSD pour propulser les capacités des JNU, favorisant ainsi une prospective urbaine plus éclairée et plus réactive.

Mots-Clés – Jumeau numérique urbain, Représentation multi-échelle, Spécifications OpenUSD, Urbanisme, Caractéristiques visuelles urbaines.

1 Introduction

Un JNU prend la forme d'une réplique virtuelle très complexe et dynamique d'une ville ou d'un espace urbain. Cette représentation numérique transcende les dimensions spatiales, englobant à la fois les aspects temporels et fonctionnels de l'écosystème urbain. Essentiellement, un JNU sert de miroir numérique, reflétant fidèlement la réalité physique d'un environnement urbain bâti. Il dépasse les limites statiques d'un modèle 3D en intégrant des flux de données en temps réel et des informations historiques, créant ainsi une simulation dynamique du paysage urbain. Cette simulation capture non seulement la disposition statique des bâtiments, des infrastructures et des éléments naturels, mais modélise également les interactions complexes entre ces composants au fil du temps. Aussi, la maintenance du JNU est cruciale pour détecter les changements et mettre à jour le modèle. Inspirés par le cycle de vie complet des modèles de ville 3D, partie intégrante JNU, nous résumons le processus en six phases, comme illustré dans la figure 1. Le JNU trouve une vaste application dans divers domaines. En urbanisme et développement, il sert de bac à sable virtuel pour visualiser et expérimenter des scénarios, facilitant la prise de décision dans l'aménagement du territoire et le développement des infrastructures. Dans la conception architecturale, il améliore le processus en offrant une représentation réaliste du contexte urbain, favorisant la collaboration et les ajustements en temps réel. Pour la gestion des infrastructures, le JNU facilite la surveillance et la maintenance des systèmes urbains critiques, avec des analyses prédictives pour une allocation optimale des ressources. En matière de préparation aux catastrophes, le JNU agit comme un outil de simulation crucial pour évaluer l'impact potentiel des catastrophes. Enfin, dans l'engagement communautaire, il favorise la participation en permettant aux parties prenantes de visualiser les implications des changements proposés.

Le reste de cet article sera exclusivement consacré à la justification du choix du standard OpenUSD et de méthodologie développée pour implémenter les JNU.

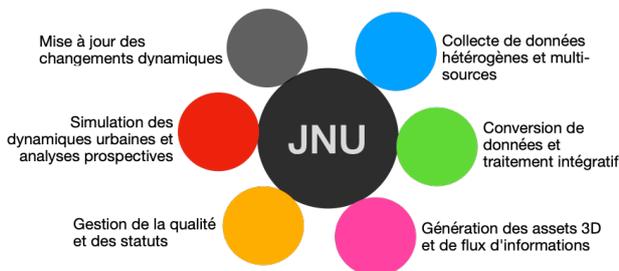


Figure 1 – Cycle de vie d'un jumeau numérique urbain

2 Matériaux et méthodes

2.1 Des standards classiques à l'OpenUSD

Une variété de logiciels géospatiaux est cruciale pour diverses fonctions liées aux modèles de données 3D, allant de l'affichage à la fourniture d'API. Ces outils sont essentiels dans des normes telles que CityGML [1, 2], CityJSON, et IFC, ainsi que dans des normes de facto comme KML, SHP, DXF, COLLADA, et 3D PDF. Cependant, ces normes montrent leurs limites dans le développement de systèmes d'analyse visuelle pour la géosimulation 3D [3-6]. Dans ce contexte, le schéma standard OpenUSD [6] émerge comme un cadre résilient pour représenter des scènes et des assets 3D (Table 1). Sa composition en couches et ses fonctionnalités de référencement contribuent à l'organisation des scènes urbaines complexes. Offrant une structure flexible, il délimite la géométrie, les attributs, les relations et les comportements des objets dans une scène. Avec des formats JSON et binaires, il assure un stockage efficace des données 3D. Les fichiers USD contiennent des données indiquant aux applications de rendu comment générer des images. Les fichiers peuvent être ASCII lisibles (*.usda*) ou binaires (*.usdc*) pour une représentation plus compacte. USD prend également en charge un format d'emballage (*.usdz*) consolidant plusieurs fichiers USD dans une archive zip.

Table 1 – Des standards classiques à l'OpenUSD

Critères de comparaison	IFC	CityGML	CityJSON	OpenUSD
Géométrie 3D	++	++	++	++
Topologie	+	+	++	++
Texture	-	+	-	++
Sémantique	++	++	++	++
Attributs	+	+	++	++
Réalité augmentée	0	0	+	++
NdD	-	+	+	++
JSON	-	0	++	++
Géoréférencement	-	+	++	++

Légende : Non supporté (-), Basique (0), Supporté (+ ou ++)

2.2 Méthodologie

La construction d'un jumeau numérique urbain multi-scalaire (JNUMS) est un défi intrinsèque en raison de la diversité des échelles et des contextes dans un système urbain complexe. Face à la complexité des villes, une méthodologie basée sur une architecture de division-assemblage est proposée, comme illustré dans la figure 2. Semeraro et al. [7] soulignent la complexité des systèmes qui couvrent différentes échelles et se diversifient à travers différents scénarios d'application. Pour répondre à

cette complexité, le JNUMS est logiquement divisé en échelles spatiales, avec une base technologique solide reposant sur OpenUSD. Les composants génériques sont encapsulés pour permettre la réutilisation des modèles, avec la couche de code représentant le niveau le plus bas du système. Une architecture Code-Composant-Contexte-Composition est introduite pour faciliter cette division. La figure 3 résume la méthodologie, décrivant les étapes séquentielles dans l'acquisition, le traitement, la modélisation et la simulation des caractéristiques visuelles urbaines pour les JNUMS. Ce processus complet garantit la génération de modèles 3D urbains précis et réalistes, adaptés à la géosimulation.

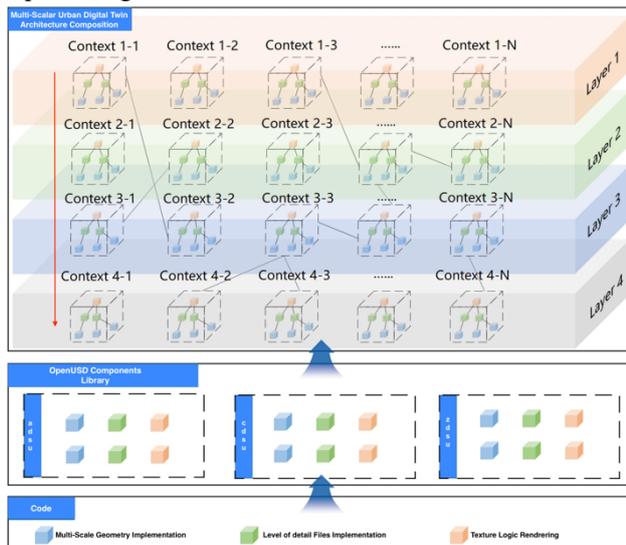


Figure 2 – Logique architecturale de la conception des JNU

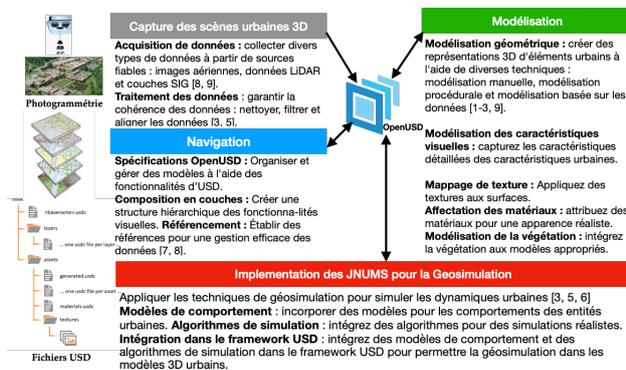


Figure 3 – Flux méthodologique de conception des JNUMS

3 Conclusions

Cet article s'est immergé dans le domaine complexe des défis de conception et de mise en œuvre des JNUMS et a esquissé une approche méthodologique fondée sur l'écosystème OpenUSD. Son adoption en tant que solution a été validée par sa nature open source, son approche standardisée et ses capacités techniques à favoriser la gestion des modèles 3D à grande échelle. L'application expérimentale sur un environnement urbain

réel a donné des résultats prometteurs que nous n'avons pas pu présenter ici faute de place.

Références

[1] OGC CityGML 3.0 Conceptual Model. Available online: <https://github.com/opengeospatial/CityGML-3.0CM> [Accessed Mai 7, 2022]

[2] Kutzner, T., Chaturvedi, K., Kolbe, T.H.: CityGML 3.0: New Functions Open Up New Applications. PFG J. Photogramm. Remote Sens. Geoinf. Sci. 2020, 88, 43–61. <http://dx.doi.org/10.1007/s41064-020-00095-z>

[3] Biljecki F., Ledoux L., Stoter J., Vosselman G.: The variants of an LOD of a 3D building model and their influence on spatial analyses, ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing, Volume 116, 2016, Pages 42-54, <https://doi.org/10.1016/j.isprsjprs.2016.03.003>

[4] Li L., Tang L., Zhu H., Zhang H., Yang F., Qin W.: Semantic 3D modeling based on CityGML for ancient Chinese-style architectural roofs of digital heritage. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2017, 6(5), 132; <https://doi.org/10.3390/ijgi605132>

[5] Cherdo, L., 2019. The 8 Best 3D Scanning Apps for Smartphones and iPads in 2019. Available from <https://www.aniwaa.com/buyers-guide/3d-scanners/best-3d-scanning-apps-smartphones/> [Accessed: 2022-05-12]

[6] USDZ : Interopérabilité 3D autour du format de Réalité Augmentée. Available online: <https://www.cadinterop.com/fr/les-formats/maillage/usdz.html#> [Accessed June 2, 2023]

[7] Semeraro, C., Lezoche, M., Panetto, H., Dassisti, M. (2021). Digital twin paradigm: A systematic literature review. Computers in Industry, 130, 103469. <https://doi.org/10.1016/j.compind.2021.103469>.

[8] White, G., Zink, A., Codeca, L., & Clarke, S. (2021). A digital twin smart city for citizen feedback. Cities, 110, Article 103064. <https://doi.org/10.1016/j.cities.2020.103064>

[9] Nebiker, S., Cavegn, S., Eugster, H., Laemmer, K., Markram, J., & Wagner, R. (2012). Fusion of airborne and terrestrial image-based 3d modelling for road infrastructure management - vision and first experiments. The International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, XXXIX-B4, 79–84. <https://doi.org/10.5194/isprsarchives-xxxix-b4-79-2012>

[10] Melo, H. C., Tomé, S. M. G., Silva, M. H., Oliveira, L. R., & Gonzales, M. M. (2020). City information modeling (CIM) concepts applied to the management of the sewage network. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science, 588(4). <https://doi.org/10.1088/1755-1315/588/4/042026>

[11] Kalogianni E., van Oostem P., Dimopolou E., Lemmen C. : 3D land administration: A review and a future vision in the context of the spatial development lifecycle. ISPRS Int. J. Geo-Inf. 2020, 9(2), 107. <https://doi.org/10.3390/ijgi9020107>