



**HAL**  
open science

## Vers le Jumeau Numérique de Territoire à la carte

Théo Szanto, Mathieu Brédif, Bénédicte Bucher

► **To cite this version:**

Théo Szanto, Mathieu Brédif, Bénédicte Bucher. Vers le Jumeau Numérique de Territoire à la carte. Spatial Analysis and GEomatics, SAGEO 2025, GdR MAGIS, May 2025, Avignon, France. <hal-05151550>

**HAL Id: hal-05151550**

**<https://hal.science/hal-05151550v1>**

Submitted on 8 Jul 2025

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.



Distributed under a Creative Commons CC BY 4.0 - Attribution - International License

---

# Vers le Jumeau Numérique de Territoire à la carte

Approche collaborative pour l'aide à la  
découverte, intégration et visualisation de  
données pertinentes

Théo SZANTO, Mathieu BRÉDIF, Bénédicte BUCHER

*Univ Gustave Eiffel, ENSG, IGN, LASTIG, F-77420 Champs-sur-Marne,  
France*

*firstname.lastname@ensg.eu*

---

*ABSTRACT. A Digital Twin (DT) is a tool to help specialists experiment and visualize their real objects. Each use case requires creating an appropriate DT with specific capacities (simulation, visualization, 3D...). When working in the geospatial context, DTs try to represent a territory at a defined scale (road network, building, city...), and the process of creating such DT can be difficult and time-consuming — especially for non geospatial experts. In this article, we will discuss the stakes of selecting data sources, treatments and visualization mode for a Territorial DT (TDT), as well as the observed bottlenecks and how we could address them. We will do so by analysing a first approach from a technical user to create a TDT fitting his needs. We will conclude with the future work to be done, about finding a structure to represent and share TDT or parts of TDT — including both data sources, treatments and visualizations — amongst different people working on similar use cases.*

*MOTS-CLÉS : Jumeau Numérique, Géovisualisation, Intégration de Données, Retour Utilisateur Géospatial*

*KEYWORDS: Digital Twin, Geovisualization, Data Integration, Geospatial User Feedback*

---

## 1. Introduction

Le principe du Jumeau Numérique (JN) est de proposer une représentation numérique d'un objet ou concept du monde réel. Cette représentation permet de tester des actions sur l'objet du monde réel représenté, en les simulant dans le monde virtuel et en visualisant l'objet et les résultats de simulation, avant de décider de les mettre en œuvre ou non dans la réalité. Le terme *jumeau numérique* a vu le jour dans le domaine du design industriel avant d'être repris dans de nombreux autres domaines. Cette diversité des emplois a rendu ce terme très vaste, comme le montre (Singh *et al.*, 2021), qui vise à clarifier sa définition et toute la terminologie associée.

Le sujet du jumeau numérique s'est plus récemment adapté aux territoires (JNT), pour modéliser par exemple un réseau routier, le profil d'un bâtiment, le cadastre solaire d'une ville... La définition de son périmètre est un sujet complexe car il n'est pas possible de tout intégrer, et la sélection des aspects pertinents n'est pas triviale. En effet, cela représenterait une trop grande quantité d'information de nature hétérogène, ayant chacune un degré d'impact différent sur le phénomène considéré. (Metcalf *et al.*, 2024) vise à apporter une vision géospatiale du sujet, en analysant les cas d'utilisation de JNT en lien avec les sciences géographiques. Ces besoins, parmi lesquels nous pouvons citer l'aménagement urbain, l'étude des mobilités ou la transition énergétique, aident à fixer le périmètre d'un JNT et apportent un contexte primordial à la pleine exploitation de ses capacités. Pour construire un JNT spécifique à un besoin, il faut choisir judicieusement les données et leur exploitation (modélisation, simulation et visualisation). Ainsi, un utilisateur expérimenté peut, avec des connaissances étendues des données disponibles, ou en y investissant un temps conséquent, concevoir et utiliser un JNT adapté à son cas d'usage, en connaissant son besoin à adresser. Il est éventuellement possible d'interconnecter plusieurs JNT ciblés pour en construire un combinant plusieurs fonctionnalités (Ellul *et al.*, 2024).

Quelque soit le contexte d'application, il y a toujours des points communs dans la méthodologie pour la création des jumeaux, voire parfois la possibilité d'en réutiliser des fragments. Naturellement, il est impossible de prévoir à l'avance tous ces jumeaux, ni d'automatiser pleinement leur conception. La solution qui semble se dégager serait que chaque utilisateur, connaissant son besoin, puisse lui-même établir son propre JNT adapté à son usage. La mise en œuvre d'un tel jumeau peut nécessiter certaines compétences basiques dans le domaine des sciences géospatiales, c'est pourquoi nous ferons la distinction entre le rôle de *technicien* de la donnée, et d'*usager*, expert de son domaine d'application. La même personne peut incarner les deux rôles si elle dispose des compétences nécessaires.

La problématique qui va nous intéresser ici est : Comment faciliter le travail du technicien pour découvrir, intégrer, traiter, exploiter et visualiser des sources

de données répondant au besoin de l'utilisateur expert du domaine d'application, en requérant le minimum de compétences du domaine géospatial possible ?

## 2. Expérimentation : Première intégration de données

Afin de mieux cerner la problématique, une expérimentation concrète a été conduite. L'utilisateur visé est l'équipe municipale d'une commune des Hauts de France désireuse de renouveler ses modalités de consultation des citoyens sur l'aménagement de leur territoire. Une première fonctionnalité est de pouvoir visualiser en 3D, parcourir et annoter une représentation du territoire. Le technicien devait donc chercher des données sur la commune indiquée (depuis des bases de données nationales et/ou des données locales), les intégrer (en choisissant des traitements appropriés à appliquer) et les restituer en 3D dans un environnement propre à l'annotation. Nous nous sommes concentrés dans un premier temps sur la représentation de l'espace physique visible. Pour ce faire, le technicien a dû chercher des données à intégrer, trouver des sources pour ces données, choisir un environnement propice à la visualisation 3D et l'annotation, puis exploiter les données dans cet environnement. La réalisation de chacune de ces tâches a également demandé au technicien de trouver de l'aide sur les ressources utilisées et les problèmes rencontrés.

La découverte et la sélection de données s'est faite depuis le catalogue des géoservices de l'IGN, et à l'aide des connaissances du technicien, qui avait déjà utilisé cet outil par le passé. Compte tenu du besoin axé sur la visualisation du territoire, le choix s'est porté sur des données représentant le terrain et les éléments de base qui le composent : bâtiments, routes, champs et végétation. Les sources de données disponibles ont été trouvées directement via le même catalogue de l'IGN : BD ALTI®, BD ORTHO®, BD TOPO®, RPG et LiDAR HD (cf. figure 1). Concernant la visualisation, nous avons privilégié l'usage d'un environnement 3D, simple à prendre en main et immersif, déjà maîtrisé du public cible : Minetest, un équivalent libre et open-source au jeu Minecraft. Il s'agit d'un jeu de type "bac à sable" dans lequel on peut construire en 3D librement avec des blocs très variés. Ce genre d'environnement géo-ludique améliore l'engagement chez un public plus jeune (Andrade *et al.*, 2020). Pour obtenir des informations au fur et à mesure du travail et sur les différents problèmes rencontrés, le technicien a été amené à chercher dans la documentation technique des sources de données exploitées, sur Internet, et aussi directement en contactant les producteurs des données.

Tout au long de l'élaboration du jumeau, le technicien a rencontré des obstacles que nous avons identifiés comme verrous scientifiques.

- **Absence de source unique** : Un même concept du territoire (bâtiment, route...) peut être vu sous différents angles, et existe dans plusieurs bases de données. Ces jeux de données ne sont pas toujours interopérables, et il peut être nécessaire de faire un choix. Les critères à prendre en compte dépendent



FIGURE 1. Exemple sur le territoire de Loos-en-Gohelle. Sources de données IGN utilisées : (a) BD ORTHO®, (b) LiDAR HD, (c) et (d) BD TOPO®. (e) Capture d'écran du rendu dans Minetest

du cas d'usage, et parfois les informations utiles pour comparer ne sont pas disponibles avant d'avoir exploré soi-même les données.

- **Documentation de la qualité des données** : Pour comprendre et évaluer la pertinence d'un jeu de données, le technicien se réfère à la documentation associée à ces données. Cependant, la documentation seule peut ne pas être suffisante ou complète, et il faut dans ce cas aller explorer et analyser les données. Un exemple concret de cette situation a été avec la source de bâtiments utilisée. Un attribut *Matériaux des murs* était renseigné dans les spécifications, avec toutefois une précision indiquant qu'il s'agissait d'une *valeur non obligatoire*. Le technicien, qui voulait l'utiliser pour déterminer le rendu visuel du bâtiment, s'est aperçu en explorant les données qu'il était renseigné seulement sur deux tiers des bâtiments de la zone d'intérêt. Le taux de remplissage de l'attribut aurait été intéressant à faire figurer dans la documentation.

- **Ingénierie de la donnée** : Au fur et à mesure de son travail, le technicien doit faire face à des problématiques d'intégration et de médiation de ses données, ce qui représente une tâche chronophage. Par exemple, il a observé un décalage entre deux sources de données : des emprises de bâtiments (BD TOPO) et un nuage de points classifié (LiDAR HD). Pour comprendre le décalage, il a dû discuter avec des experts de ces jeux de données, qui lui ont indiqué un algorithme de recalage à appliquer. Une autre situation rencontrée a été la présence d'anomalies sur certaines données, avec notamment des zones où les points du nuage de points étaient mal classifiés, menant à des aberrations de rendu sur certains bâtiments.

### 3. Proposition d'approche

À partir de cette première expérience, nous voyons émerger le besoin d'avoir des connaissances étendues sur les données (aussi bien savoir qu'elles existent, mais aussi leurs particularités et comment les exploiter, en conjonction avec d'autres données) ainsi que sur les méthodes de rendu 3D. Ces connaissances peuvent être matérialisées par des métadonnées, décrivant les sources de données et leurs relations. Ces informations amélioreraient la découvrabilité des jeux de données et faciliteraient leur prise en main par le technicien élaborant son jumeau.

Les techniques du Web sémantique présentent un potentiel intéressant pour attacher des métadonnées à des données, pour faciliter la réutilisation et l'intégration de données (Janowicz *et al.*, 2015). Il reste cependant la question de l'acquisition de toutes ces métadonnées. Bien qu'il serait possible pour certains producteurs de données géospatiales d'y inclure ce genre d'information, ce n'est pas le cas de tous. De plus, il manquerait toujours les métadonnées concernant les relations entre plusieurs jeux de données de différents producteurs. Toutefois, lorsqu'un utilisateur possédant un certain niveau d'expertise technique va réaliser une intégration de données pour son besoin, un certain nombre de métadonnées peuvent être récupérées, et contribuer à alimenter une base commune, pouvant à son tour servir aux besoins d'autres utilisateurs. Ces derniers peuvent même contribuer directement en partageant, sous la forme de métadonnées, des informations utiles qu'ils ont dû obtenir par eux-mêmes à propos des données qu'ils exploitent. La pertinence des retours utilisateurs pour la gestion de la qualité de données géographiques a été reconnue par les communautés de standardisation et a donné lieu à un standard dédié, le *Geospatial User Feedback* (Zabala *et al.*, 2021). Il est très complet et donc complexe à prendre en main pour un utilisateur courant, mais semble intéressant à explorer pour voir si un sous-ensemble pourrait satisfaire notre besoin.

### 4. Conclusion

Dans un objectif de science reproductible, et de mutualisation des travaux sur les jumeaux numériques de territoire, il semble opportun d'approfondir les recherches pour déterminer comment modéliser et partager des JNT complets, pouvant être appliqués à d'autres zones géographiques, en adaptant éventuellement les données disponibles, pour répondre à une problématique similaire. Ces configurations devraient contenir à la fois les références vers les sources de données utilisées, mais aussi les traitements appliqués pour les intégrer, ainsi que les visualisations possibles dans l'environnement choisi.

## Bibliographie

- Andrade B. de, Poplin A., Sena Í. Sousa de. (2020). Minecraft as a tool for engaging children in urban planning: A case study in tirol town, brazil. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 9, n° 3. Consulté sur <https://www.mdpi.com/2220-9964/9/3/170>
- Ellul C., Stoter J., Bucher B., Olsson P.-O., Billen R., DeLathouwer B. (2024). Towards national connected digital twins - a geospatial perspective. *ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, vol. X-4/W5-2024, p. 147–154. Consulté sur <https://isprs-annals.copernicus.org/articles/X-4-W5-2024/147/2024/>
- Janowicz K., Harmelen F. van, Hendler J. A., Hitzler P. (2015, Mar.). Why the data train needs semantic rails. *AI Magazine*, vol. 36, n° 1, p. 5-14. Consulté sur <https://ojs.aaai.org/aimagazine/index.php/aimagazine/article/view/2560>
- Metcalfe J., Ellul C., Morley J., Stoter J. (2024). Characterizing the role of geospatial science in digital twins. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 13, n° 9. Consulté sur <https://www.mdpi.com/2220-9964/13/9/320>
- Singh M., Fuenmayor E., Hinchy E. P., Qiao Y., Murray N., Devine D. (2021). Digital twin: Origin to future. *Applied System Innovation*, vol. 4, n° 2. Consulté sur <https://www.mdpi.com/2571-5577/4/2/36>
- Zabala A., Masó J., Bastin L., Giuliani G., Pons X. (2021). Geospatial user feedback: How to raise users' voices and collectively build knowledge at the same time. *ISPRS International Journal of Geo-Information*, vol. 10, n° 3. Consulté sur <https://www.mdpi.com/2220-9964/10/3/141>