3ème colloque interrégional du collectif « Géofuturs méditerranéens »
La représentation virtuelle des villes durables méditerranéennes de demain
22 janvier 2026

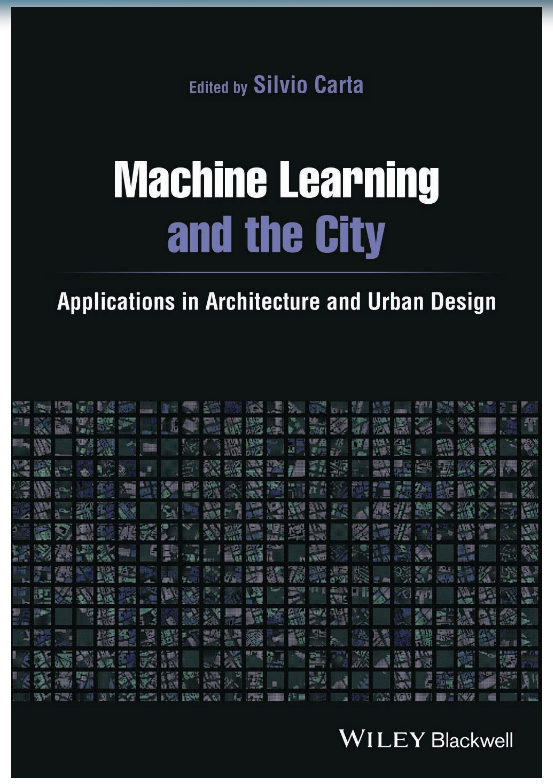
Modélisation 3D des environnements urbains au service de la géosimulation

Igor Agbossou

ThéMA, UMR 6049 CNRS – Université Marie et Louis Pasteur, Besançon, France

igor.agbossou@umlp.fr

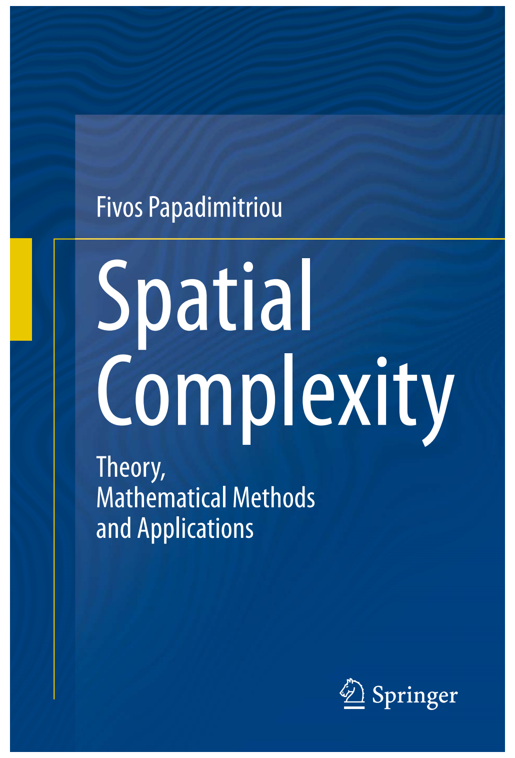
Contexte scientifique & opérationnel



Problématiques d'aménagement du territoire

Prospectives urbaines

Comment construire des villes durables et résilientes ?



Comment améliorer le cadre de vie bâti tout en minimisant la surconsommation d'espace ?

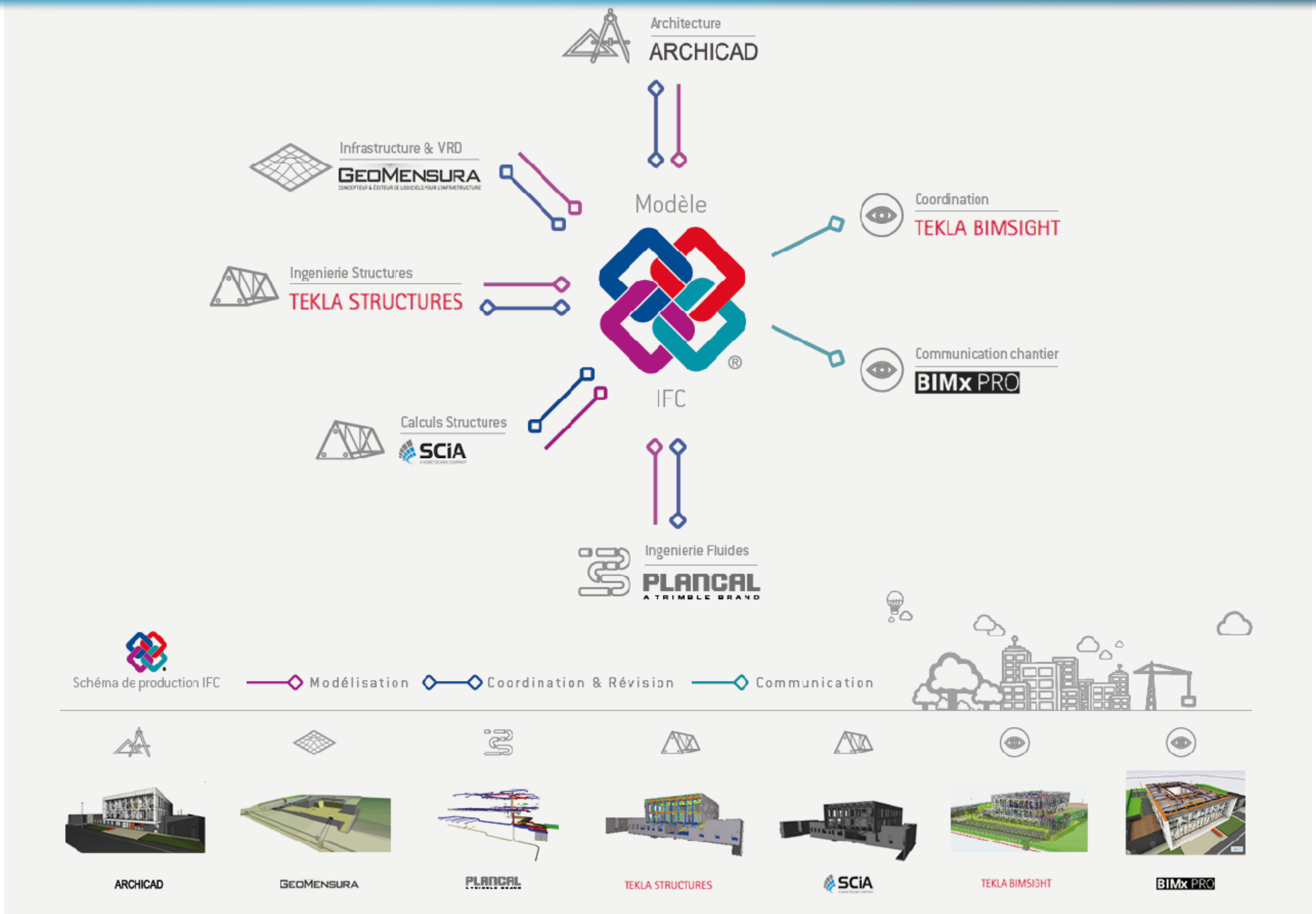
Comment concilier la géométrie 3D, le temps et la sémantique des objets/agents spatiaux ?

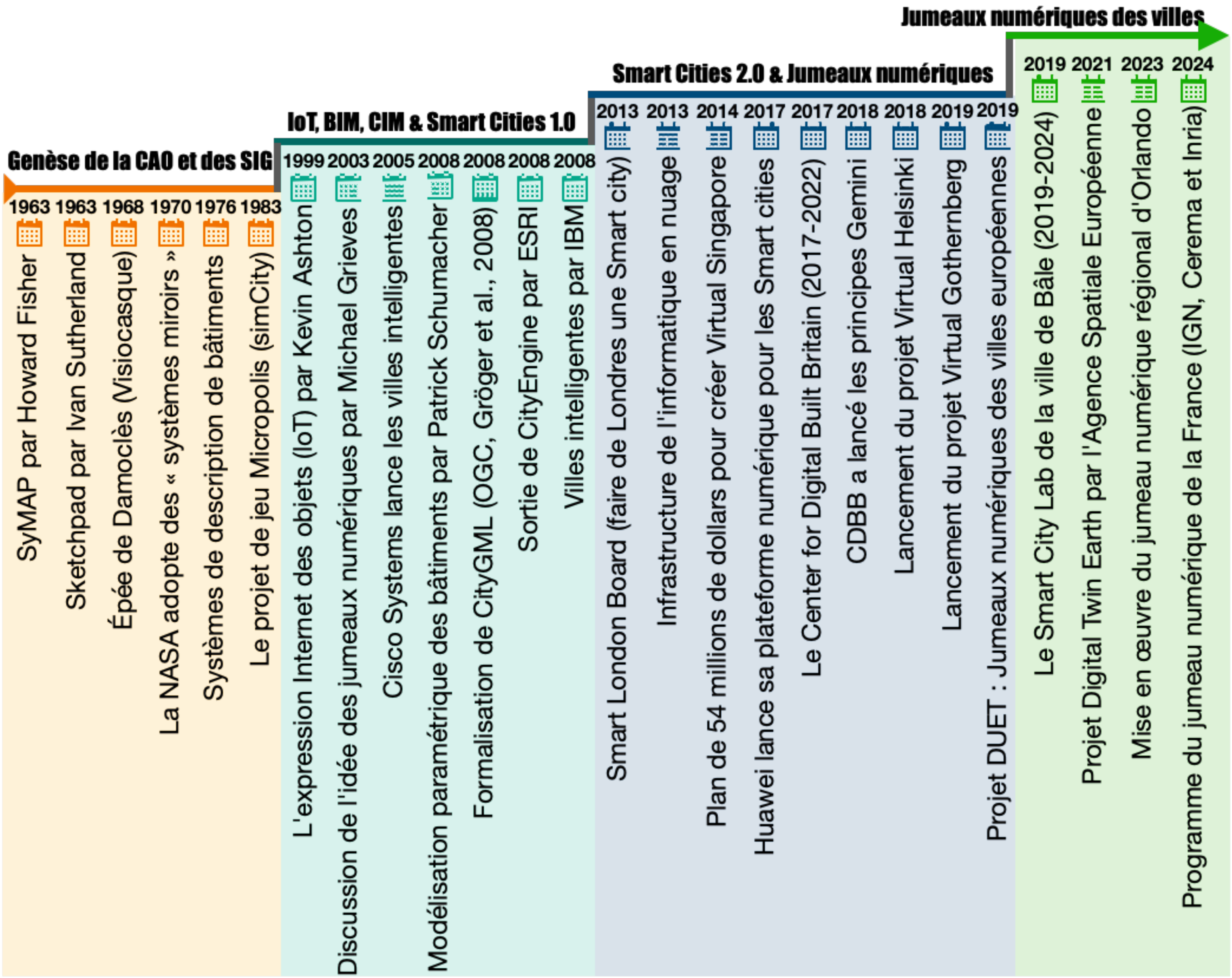
Comment rendre plus « smart » les maquettes numériques urbaines ?

Comment … ?

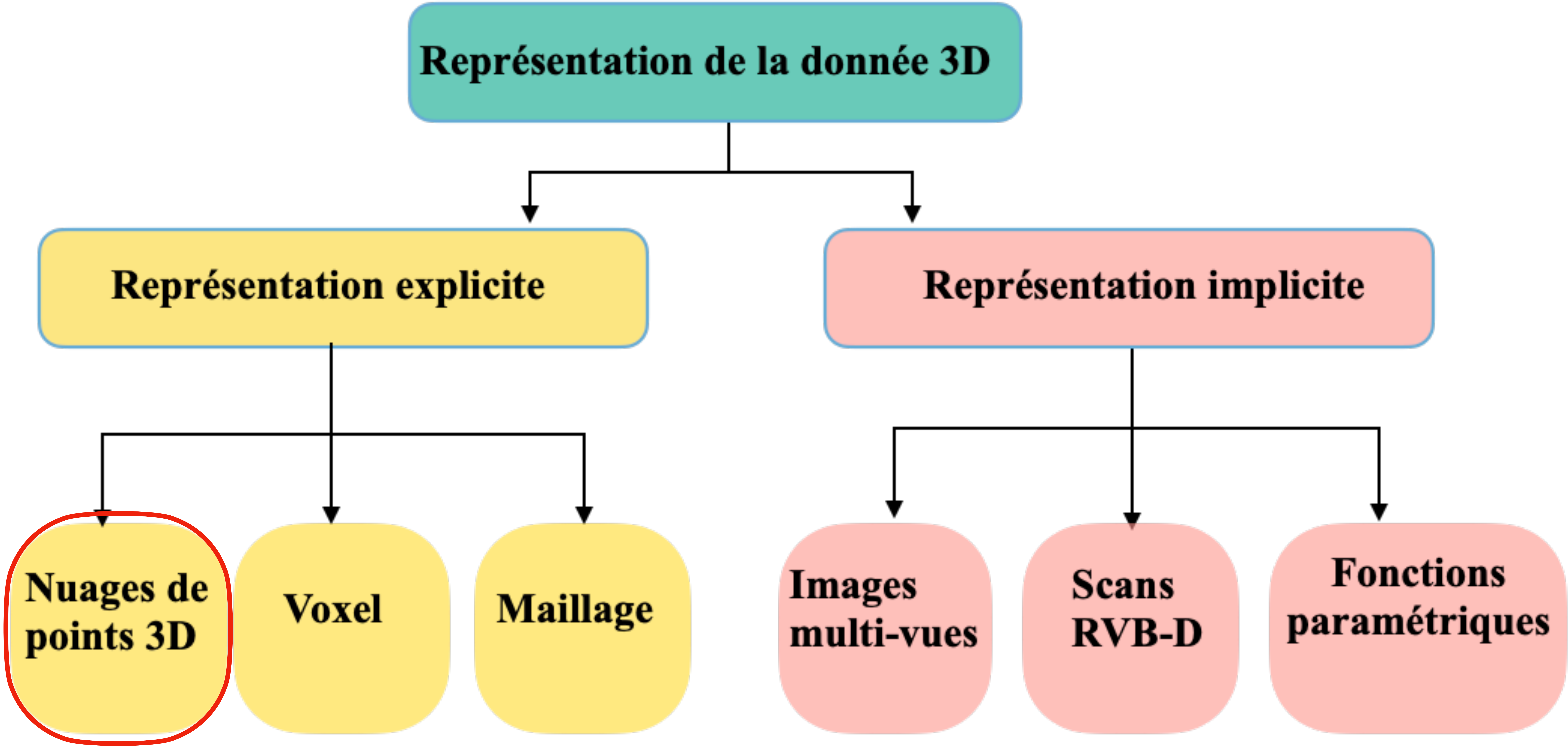
Intégration de l'Internet des objets pour la calculabilité urbaine

Evolution conceptuelle : de la 3D aux jumeaux numériques



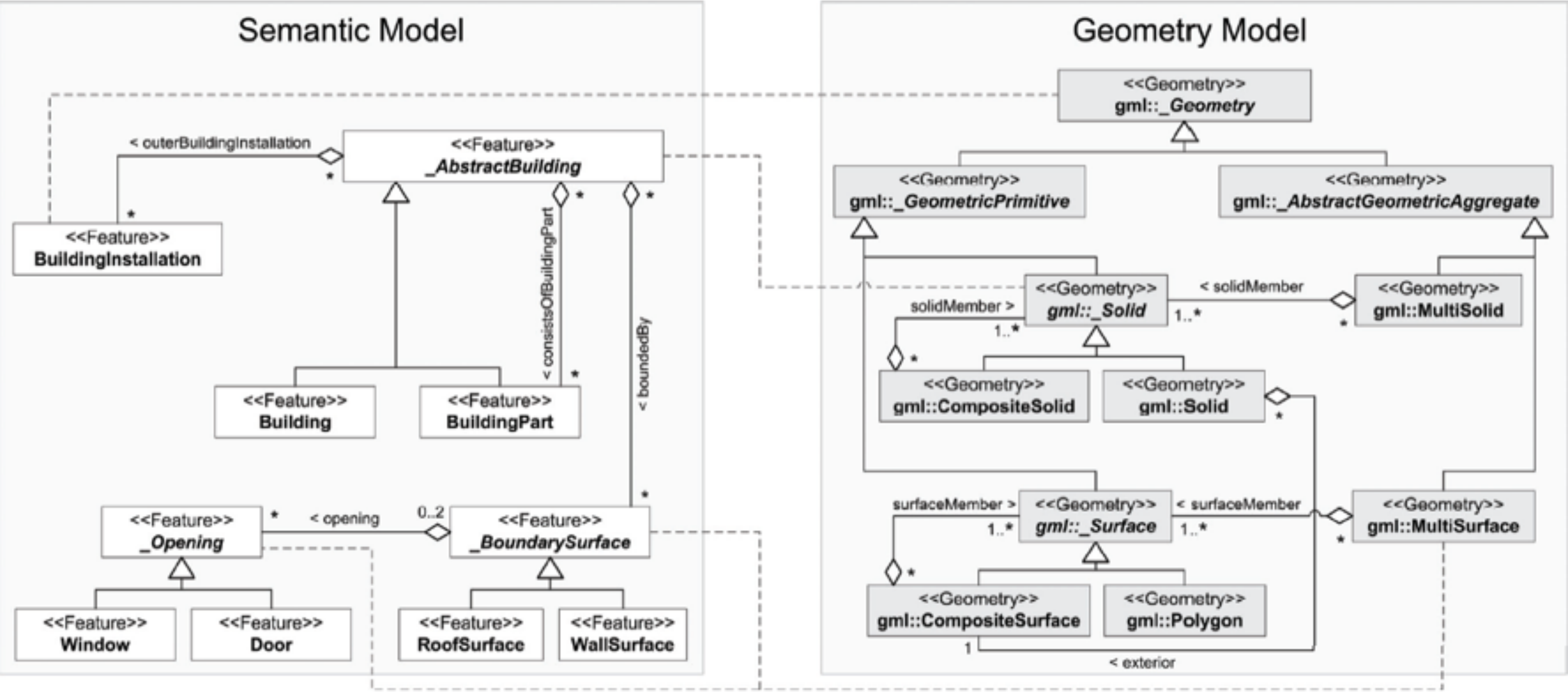

Genèse de la CAO et des SIG
1963 SyMAP par Howard Fisher
1963 Sketchpad par Ivan Sutherland
1968 Épée de Damoclès (Visiocasque)
1970 La NASA adopte des « systèmes miroirs »
1976 Systèmes de description de bâtiments
1983 Le projet de jeu Micropolis (simCity)
IoT, BIM, CIM & Smart Cities 1.0
1999 L'expression Internet des objets (IoT) par Kevin Ashton
2003 Discussion de l'idée des jumeaux numériques par Michael Grieves
2005 Cisco Systems lance les villes intelligentes
2008 Modélisation paramétrique des bâtiments par Patrick Schumacher
2008 Formalisation de CityGML (OGC, Gröger et al., 2008)
2008 Sortie de CityEngine par ESRI
2008 Villes intelligentes par IBM
Smart Cities 2.0 & Jumeaux numériques
2013 Smart London Board (faire de Londres une Smart city)
2013 Infrastructure de l'informatique en nuage
2014 Plan de 54 millions de dollars pour créer Virtual Singapore
2017 Huawei lance sa plateforme numérique pour les Smart cities
2017 Le Center for Digital Built Britain (2017-2022)
2018 CDBB a lancé les principes Gemini
2018 Lancement du projet Virtual Helsinki
2019 Lancement du projet Virtual Gothernberg
2019 Projet DUET : Jumeaux numériques des villes européennes
Jumeaux numériques des villes
2019 Le Smart City Lab de la ville de Bâle (2019-2024)
2021 Projet Digital Twin Earth par l'Agence Spatiale Européenne
2023 Mise en œuvre du jumeau numérique régional d'Orlando
2024 Programme du jumeau numérique de la France (IGN, Cerema et Inria)

Evolution conceptuelle : de la 3D aux jumeaux numériques



Evolution conceptuelle : de la 3D aux jumeaux numériques

Challenges : Cohérence entre la modélisation sémantique et la représentation géométrie



Evolution conceptuelle : de la 3D aux jumeaux numériques

Challenges : Interopérabilité (Formats de données 3D & Outils de modélisation)

TABLEAU COMPARATIF DES STANDARDS INTERNATIONAUX

CRITÈRES DE COMPARAISON	DXF	SHP	VRML	X3D	KML	Collada	IFC	CytiGML	CityJSON	OpenUSDZ
Géométrie 3D	++	+	++	+	+	++	++	++	++	++
Topologie	-	-	0	0	-	+	+	+	++	++
Texture	-	0	++	++	0	++	-	+	-	++
LoD	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
Réalité augmentée	-	-	0	0	-	0	0	0	+	++
Sémantique	+	+	0	0	0	0	++	++	++	++
Attributs	-	+	0	0	0	-	+	+	++	++
XML	-	-	-	+	-	+	+	++	-	-
JSON	-	-	-	-	-	-	-	0	++	++
Géoréf.	+	+	-	+	+	-	-	+	++	++

Légende : non supporté (-), support basique (0), supporté (+), supporté et étendu (++)

Méthodologie intégrative : OpenUSD

Solution - PIXAR : OpenUSD

Urban Built Environment Visual Features Modeling for 3D GeoSimulation Using USD Standard Specifications

Igor Agbossou(✉)

Laboratoire ThéMA, UMR 6049, IUT NFC, Université de Franche-Comté, Belfort, France
igor.agbossou@univ-fcomte.fr

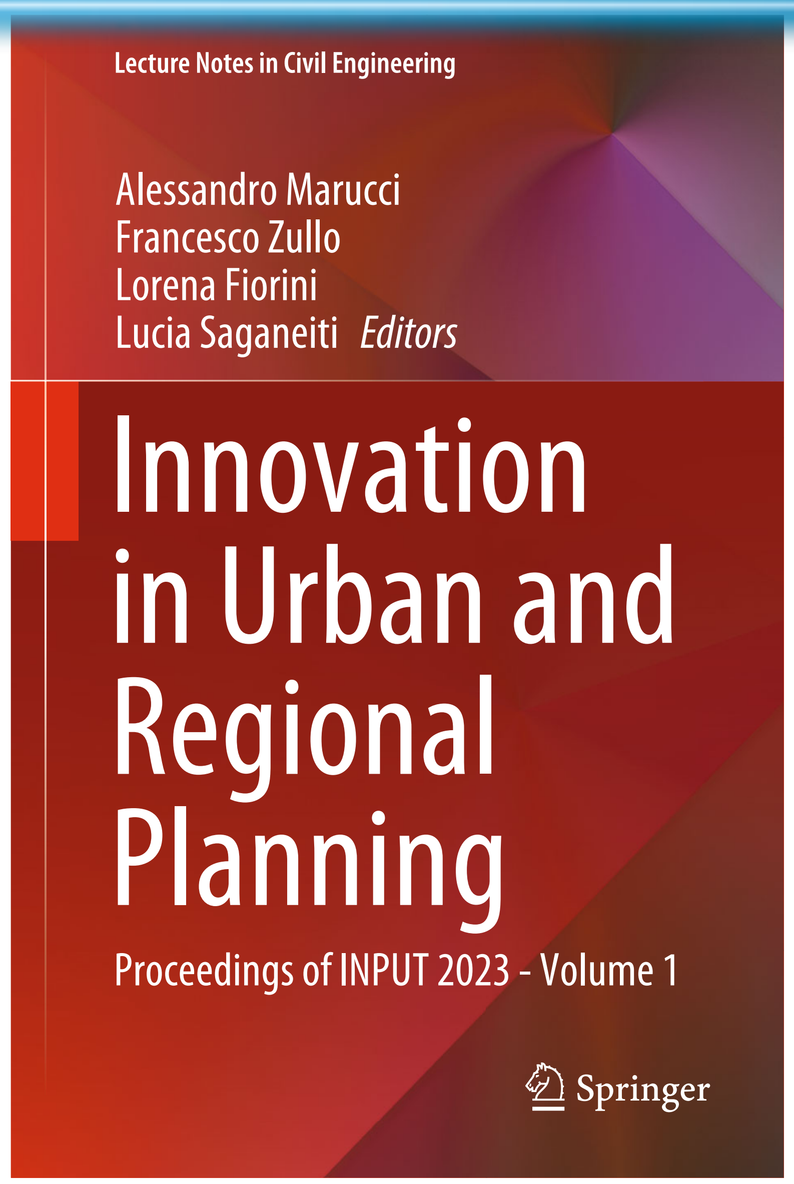
Abstract. Standards and approaches for simulating 3D geographic environments are gaining prominence in city research. Urban built environments, complex systems of interconnected visual features, serve as vital resources for urban planners, architects, and engineers, necessitating accurate modeling. Visual features play a crucial role in the digital twin process, enabling the creation of realistic representations of the built environment. Achieving visually realistic and precise urban 3D models requires effective modeling of visual features, encompassing materials, textures, and lighting. To accomplish this, accurate and up-to-date data is paramount, obtainable through various sources such as photography, satellite imagery, or LiDAR data. The Universal Scene Description (USD) emerges as a potent tool for urban simulation, owing to its capability to represent large-scale 3D models with high geometric and visual fidelity. Developed by Pixar Animation Studios, USD is an open-source technology that offers a standardized approach for representing and exchanging scalable 3D data. This paper explores the motivation of adoption and application of the USD framework for urban 3D simulation, highlighting its advantages and key considerations. It also elucidates the points of convergence between 3D geosimulation and virtual geographic environments, shedding light on the challenges associated with integrating USD with other geospatial data formats. Additionally, the article provides recommendations for optimizing USD workflows in the modeling process of urban 3D simulation. Overall, this article emphasizes the transformative potential of USD in revolutionizing urban digital twin processing. It offers valuable insights for researchers and practitioners interested in harnessing this technology for their own applications.

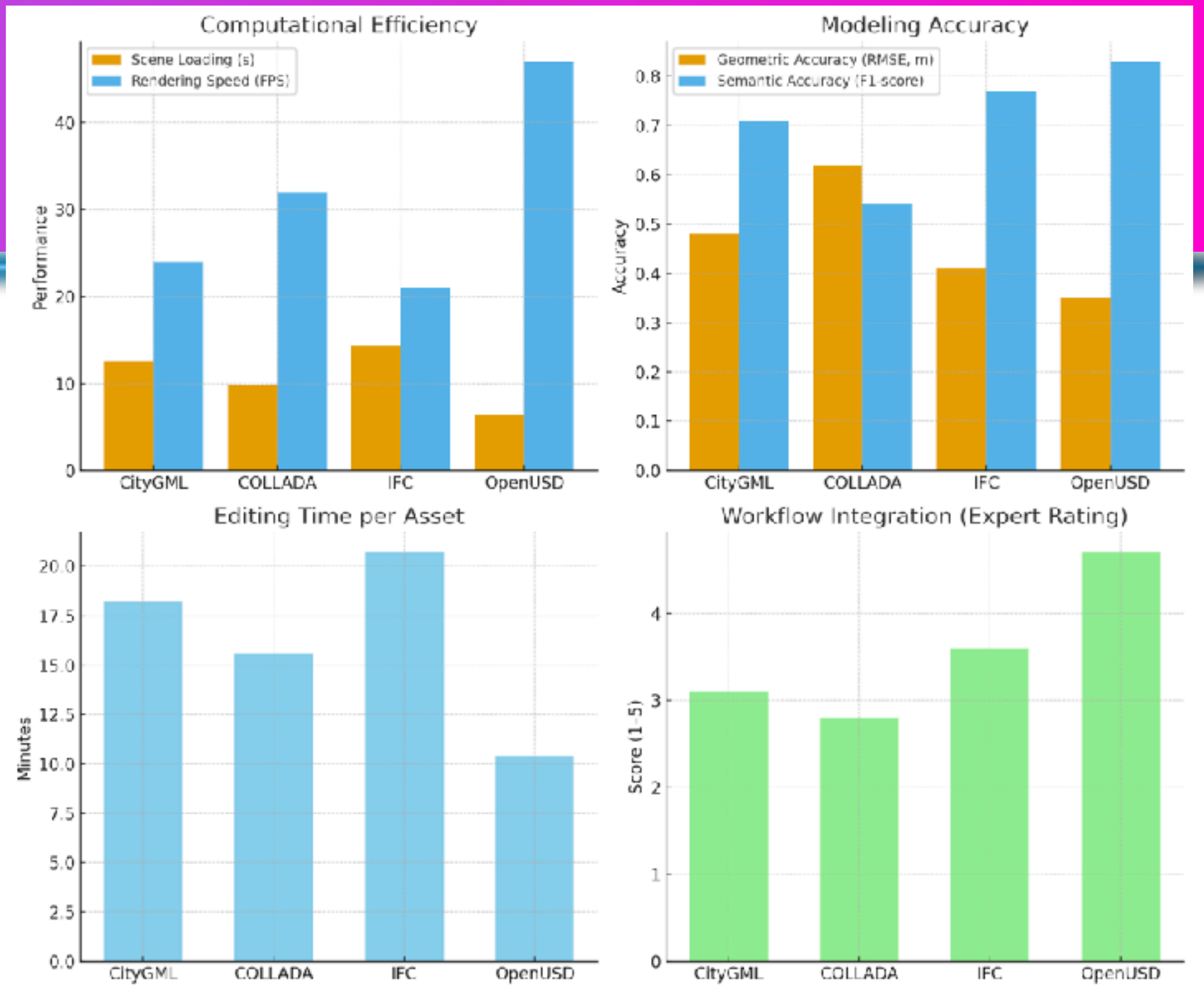
Keywords: 3D Geosimulation · Visual Feature · Urban Built Environment · Universal Scene Description · Virtual Geographic Environment · Urban Digital Twin

1 Introduction

Visual features play a crucial role in capturing and describing the distinctive characteristics of urban built environments. These visual features serve as vital input for various applications, including photogrammetry, 3D reconstruction, navigation, object recognition, object tracking and urban augmented reality [1, 2]. The significance of adequately

A. Marucci et al. (Eds.): INPUT 2023, LNCE 467, pp. 169–182, 2024.
https://doi.org/10.1007/978-3-031-54118-6_16



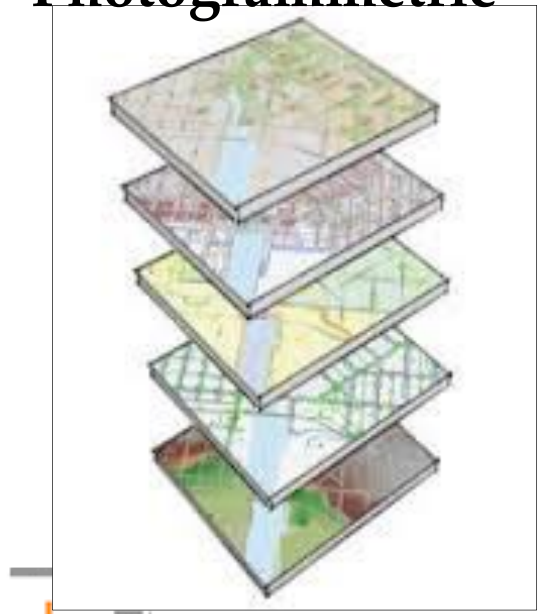


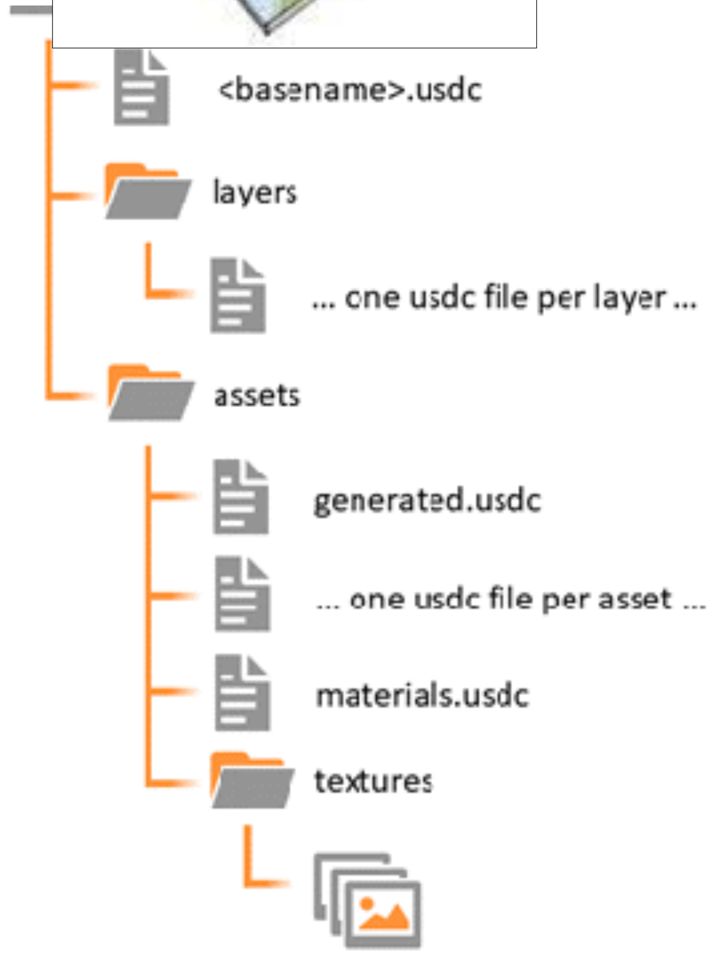
Quelques outils d'implémentation des jumeaux numérique urbains

	Fonctionnalités	Sources
QGIS / QuickOSM / Qgis2threejs	SIG, extensions pour OSM et pour prévisualiser et exporter des données spatiales aux formats 3D	https://www.qgis.org/en/site/ https://plugins.qgis.org/plugins/QuickOSM/ https://plugins.qgis.org/plugins/Qgis2threejs/
LiDAR HD (IGN) Blender / OpenUSD	Cartographie 3D du sol et du sursol de la France sous forme de nuages de points Modélisation et 3D compatible OpenUSD	https://geoservices.ign.fr/lidarhd https://www.blender.org https://openusd.org/
Visual Studio / Xcode	Environnements de développement intégré pour les langages Python et Swift	https://visualstudio.microsoft.com/ https://developer.apple.com/xcode/
GAMA Platform	Environnement de modélisation et de géosimulation orienté agents	https://gama-platform.org/

Méthodologie intégrative : OpenUSD

Photogrammétrie





Fichiers USD

Capture des environnements urbains 3D

Acquisition de données : collecter divers types de données à partir de sources fiables : images aériennes, données LiDAR et couches SIG.
Traitement des données : garantir la cohérence des données : nettoyer, filtrer et aligner les données.

Modélisation multiscalaire

Spécifications OpenUSD :
Organiser et gérer des modèles à l'aide des fonctionnalités d'USD.
Composition en couches :
Créer une structure hiérarchique des fonctionna-lités visuelles.
Référencement : Établir des références pour une gestion efficace des données.

OpenUSD

Chaîne de modélisations

Modélisation géométrique : créer des représentations 3D d'éléments urbains à l'aide de diverses techniques : modélisation manuelle, modélisation procédurale et modélisation basée sur les données.

Modélisation des caractéristiques visuelles : capturez les caractéristiques détaillées des caractéristiques urbaines.

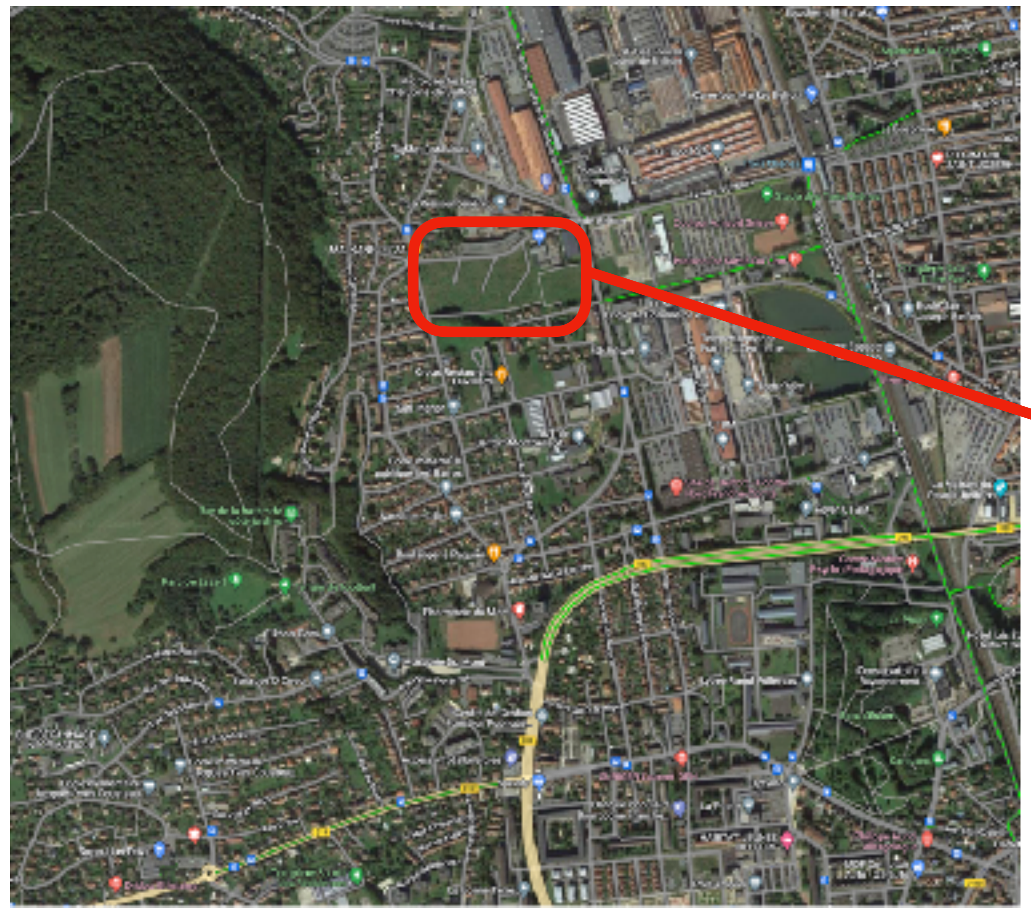
Mappage de texture : Appliquez des textures aux surfaces.

Affectation des matériaux : attribuez des matériaux pour une apparence réaliste.
Modélisation de la végétation : intégrez la végétation aux modèles appropriés.

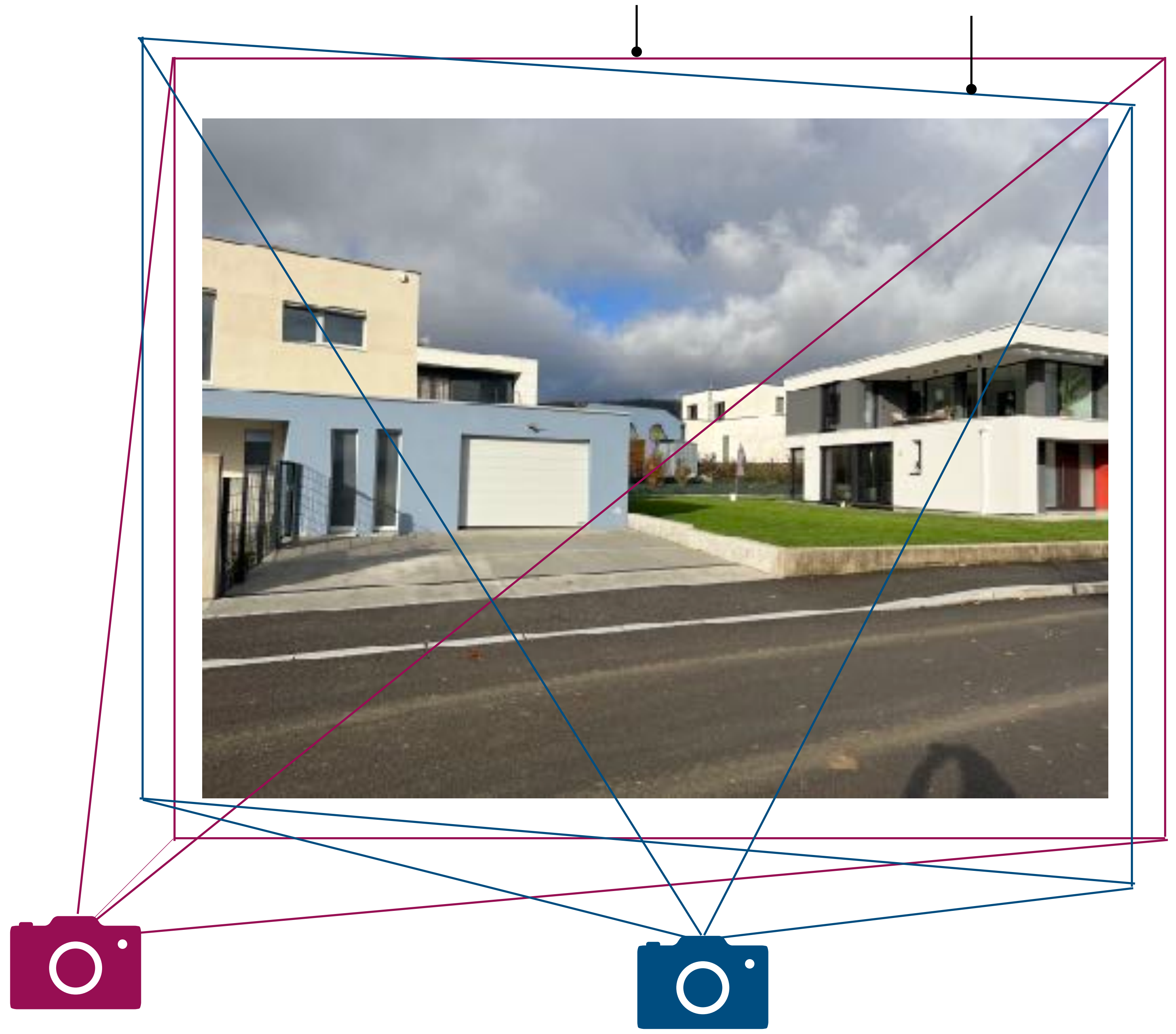
Implementation des Junmeaux numériques urbains pour la Geosimulation

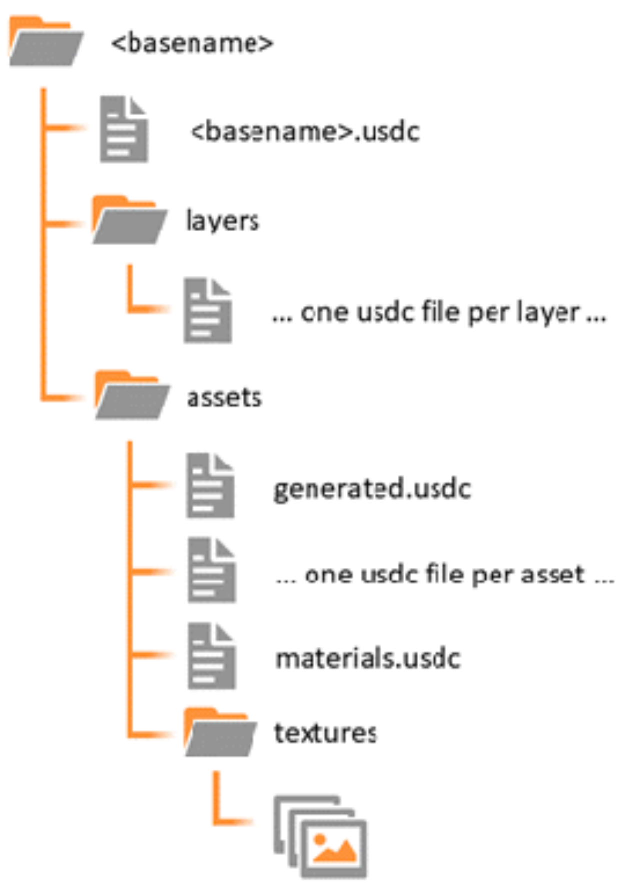
Appliquer les techniques de géosimulation pour simuler les dynamiques urbaines
Modèles de comportement : incorporer des modèles pour les comportements des entités urbaines.
Algorithmes de simulation : intégrez des algorithmes pour des simulations réalistes.
Intégration dans le framework OpenUSD : intégrez des modèles de comportement et des algorithmes de simulation dans le framework OpenUSD pour permettre la géosimulation dans les modèles 3D urbains.

Recherches expérimentales en cours ...



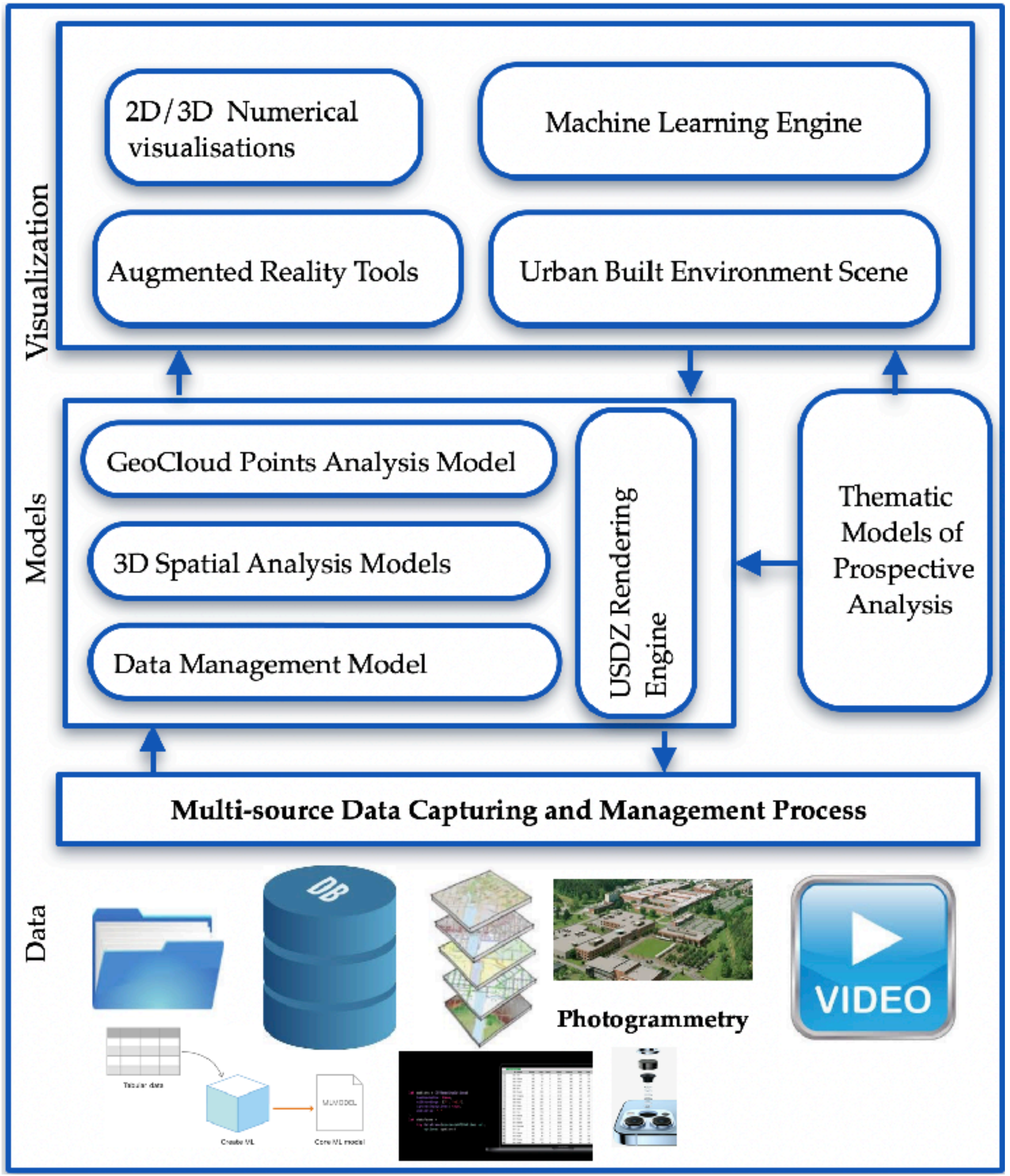
Ideal overlap : 70%

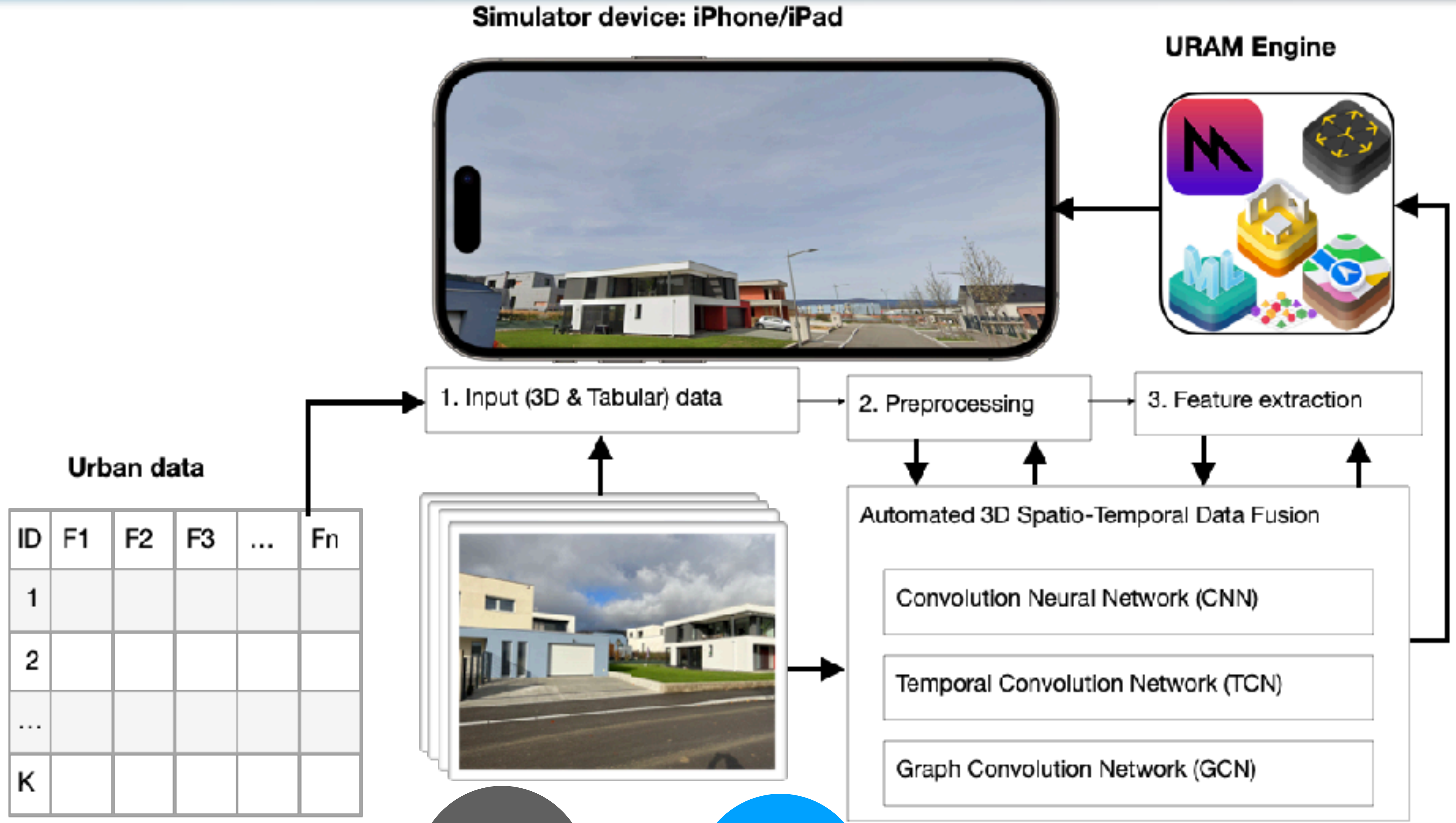


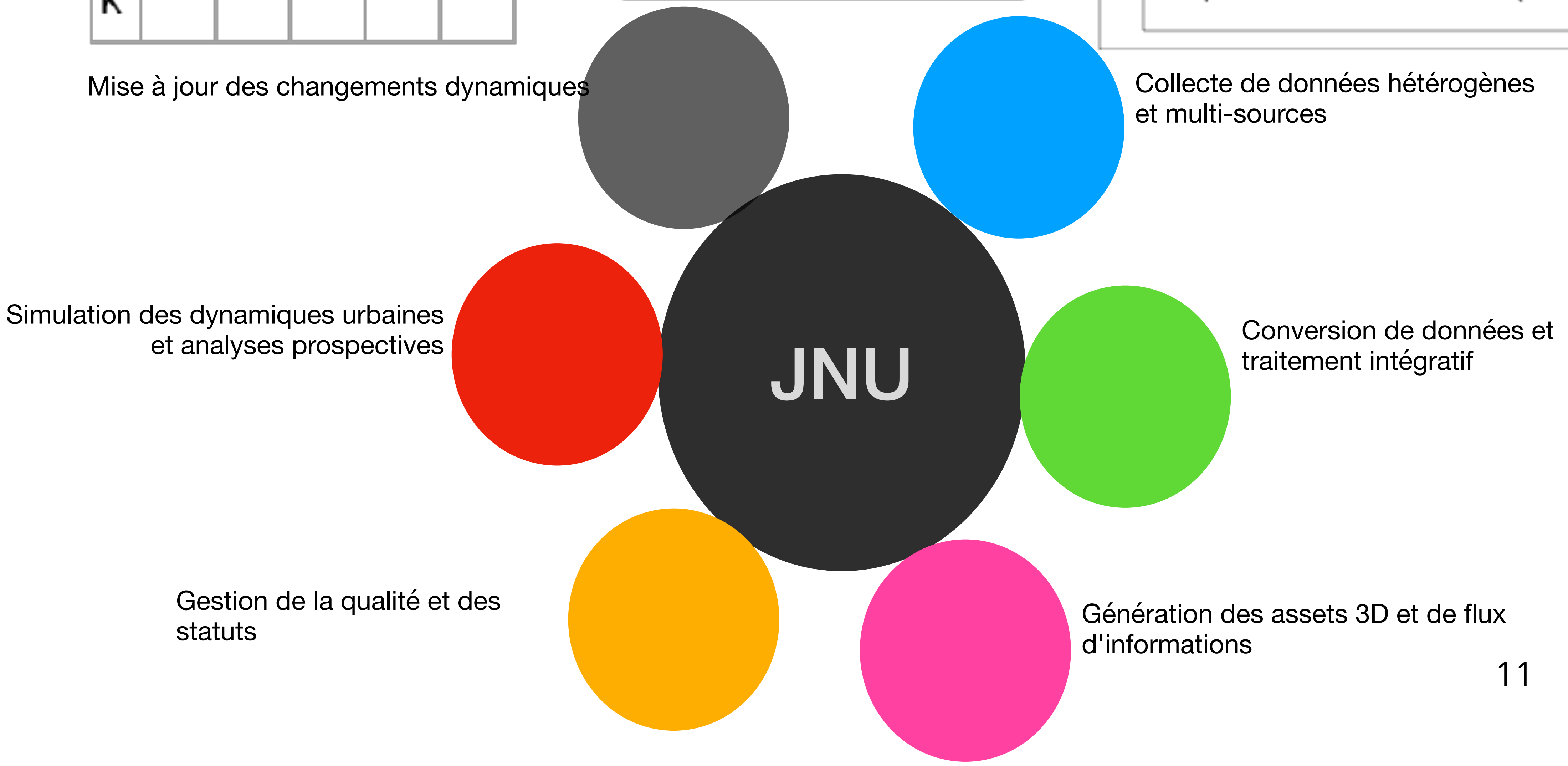



```
#usda 1.0

def Xform "City" {
    def Mesh "Buildings" {
        int[] faceVertexCounts = [4, 4, 4, 4]
        int[] faceVertexIndices = [0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15]
        float3[] points = [(0, 0, 0), (10, 0, 0), (10, 10, 0), (0, 10, 0),
                           (0, 0, 10), (10, 0, 10), (10, 10, 10), (0, 10, 10),
                           (0, 0, 20), (10, 0, 20), (10, 10, 20), (0, 10, 20),
                           (0, 0, 30), (10, 0, 30), (10, 10, 30), (0, 10, 30)]
        int[] featureIDs = [0, 1, 2, 3]  # Feature IDs for each building
        float[] featureValues = [0.8, 0.6, 0.4, 0.9]  # Feature values for each building
    }

    def Points "Trees" {
        float3[] points = [(5, 0, 0), (0, 0, 5), (5, 0, 10), (10, 0, 5)]
        int[] featureIDs = [0, 1, 2, 3]  # Feature IDs for each tree
        float[] featureValues = [0.2, 0.5, 0.3, 0.7]  # Feature values for each tree
    }

    def Mesh "Roads" {
        int[] faceVertexCounts = [2, 2, 2]
        int[] faceVertexIndices = [0, 1, 2, 3, 4, 5]
        float3[] points = [(0, 0, 0), (10, 0, 0), (0, 0, 10), (10, 0, 10), (0, 0, 20), (10, 0, 20)]
        int[] featureIDs = [0, 0, 1]  # Feature IDs for each road segment
        float[] featureValues = [0.8, 0.6, 0.4]  # Feature values for each road segment
    }
}
```

Recherches expérimentales en cours ...







DISCUSSION