

LIRIS



LABEX  
IMU  
UNIVERSITÉ DE LYON

UMR 5205 CNRS

# Modéliser et visualiser la ville 4D

Vincent Jaillot, Sylvie Servigne, Gilles Gesquière

Laboratoire d'InfoRmatique en Image et Systèmes d'information



INSA



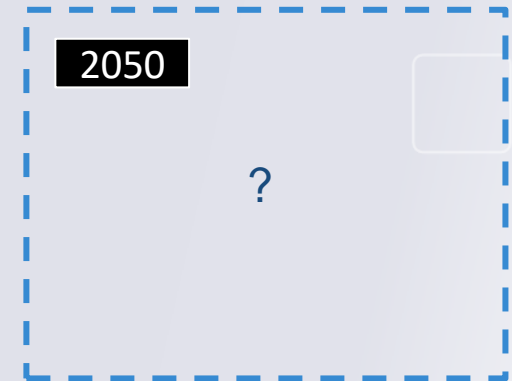
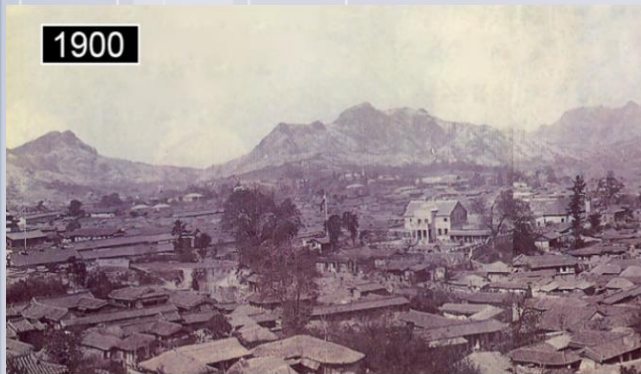
— université  
— LUMIÈRE  
— LYON 2



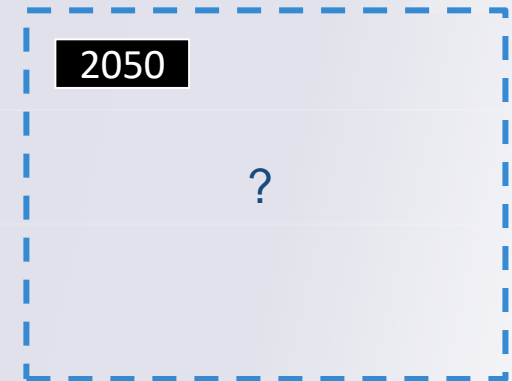
# Contexte

Urbanisation – population en ville: 55% en 2018, 68% en 2050

Seoul, South Korea



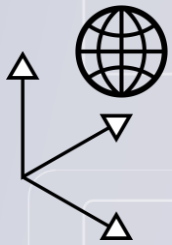
Abu Dhabi, United Arab Emirates



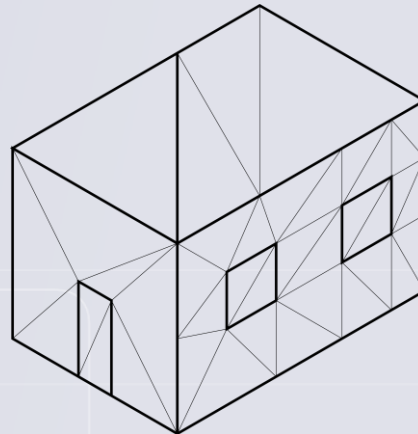
Source: <https://www.boredpanda.com/how-famous-city-changed-timelapse-evolution-before-after>

# Ville numérique 3D - Modèles

- Représentée comme un ensemble d'**objets géographiques**
- Un objet **géographique**:
  - *“Representation of real world phenomenon associated with a location relative to the Earth.”* Sources: OGC glossary, ISO 19104
  - Dimensions **géométrique** et **thématique** et **temporelle**



Système de coordonnées géographiques



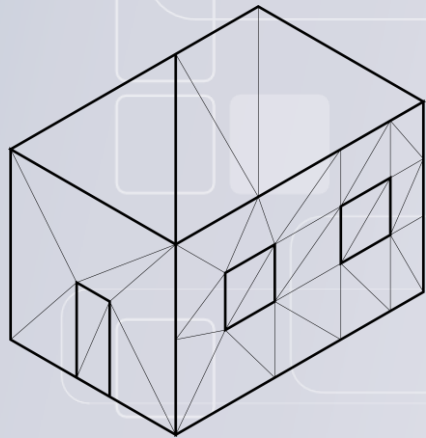
Géométries

**type:** bâtiment  
**propriétaire:** John Doe  
**nombre d'étages:** 1  
**usage:** mairie  
...

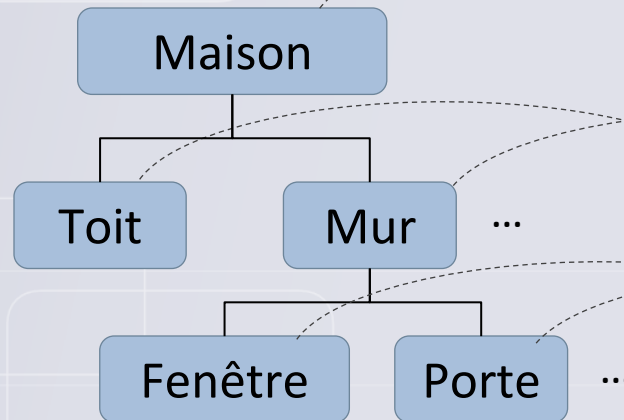
Thématique

# Ville numérique 3D - Modèles

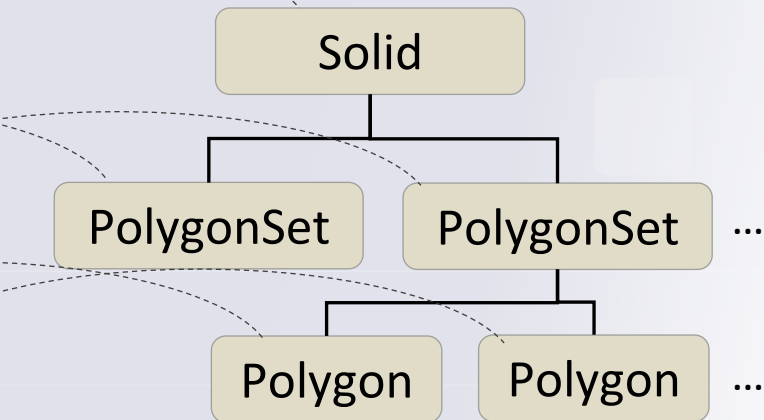
- Modèles structurés et hiérarchisés
- Plusieurs niveaux de granularité



Modèle thématique



Modèle géométrique



# Ville numérique 3D – Contexte technologique

■ Ecosystème riche et récent

■ Star

■ Ci

■ 3D

■ Out



Source: <https://www.arcorama.fr/2019/04/utiliser-lopen-data-et-arcgis-pour.html>

## Dans cette présentation....

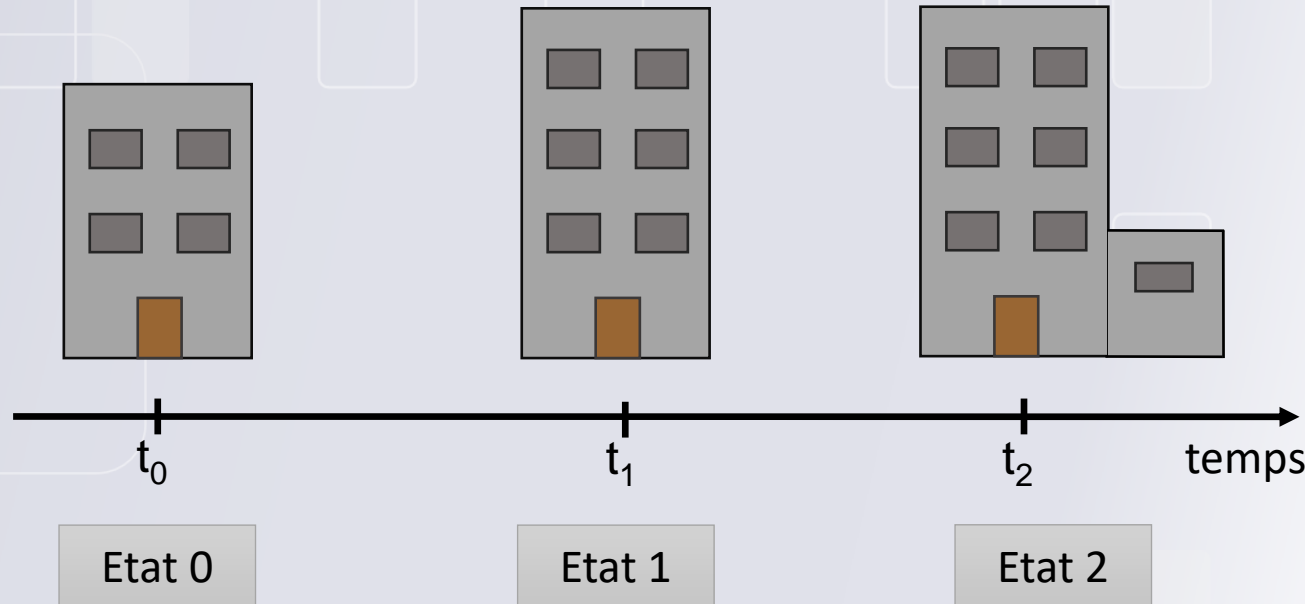
- **Comment formaliser la dimension temporelle des villes 3D pour leur visualisation sur le web ?**
- **Défis:**
  - Différents niveaux de granularité (espace et temps)
  - Importance du cycle de vie des objets
  - Gros jeux de données
  - Visualisation et navigation interactive
  - Contexte web

# Modèles temporels – données géospatiales

- Typologie des modèles spatio-temporels pour les données géospatiales [**Siabato et al., 2018**]

Modelling approach	Modelling approach	Modelling approach
Snapshot method	Semantic-based	Moving Objects
Time-stamping *	Event-based	Graphs-based
Base state amendment vectors *	Process-based	Lifespan-based
Space-time composite model *	Ontology-based	Agents-based
Domain-based modelling *	Feature-based (Entity-based)	Kinematics
Object-Oriented	Identity-based	Ontological foundations
	Conceptual modelling extensions	

# Exemple modèles temporels

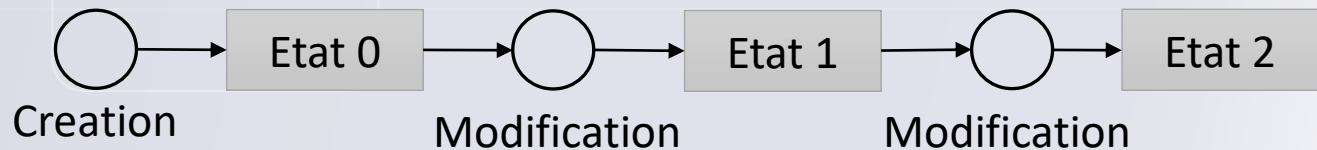


## Snapshot method

[Yano et al. 2008, Schindler and Dellaert 2012, Dell'Unto et al. 2013, Rizvic et al. 2015]

## Graph-based

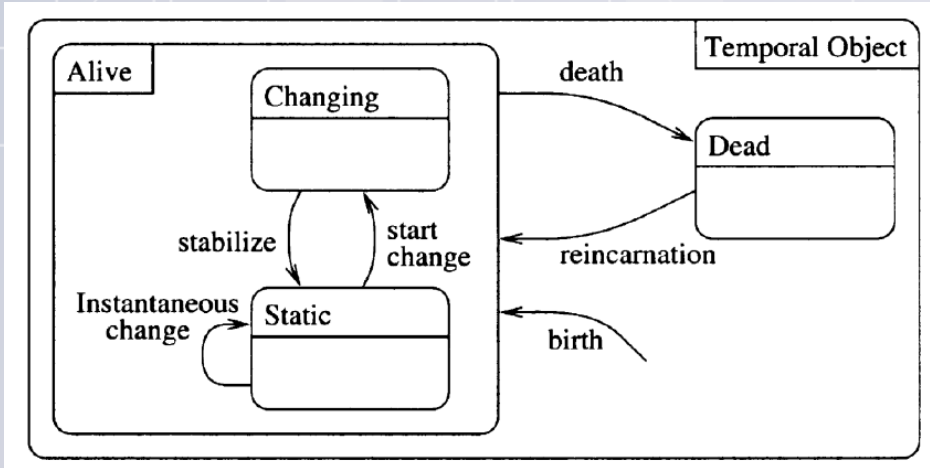
[De Luca 2010, Chaturvedi 2017]



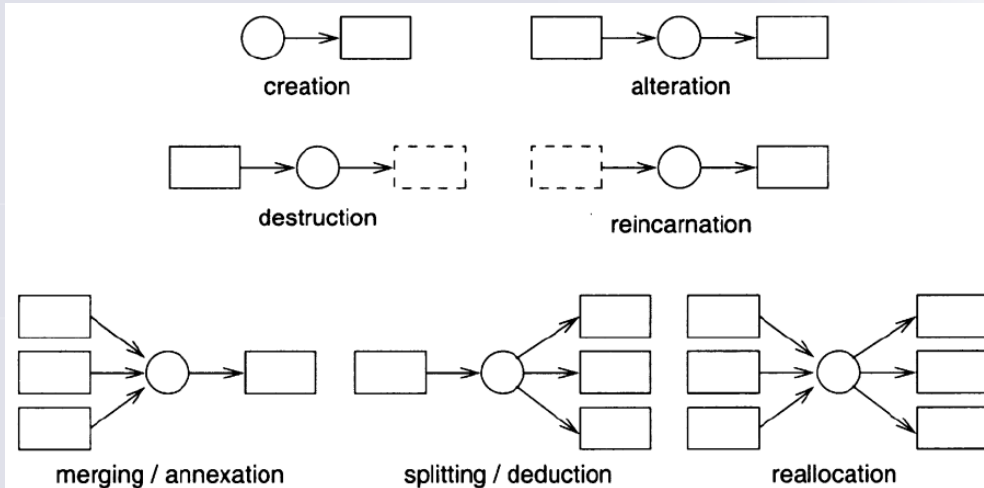


# Modèle basé graph [Renolen, 2000]

## Modèle générique (diagramme états -transitions)



## Typologie des changements



# Proposition

## ■ Proposition:

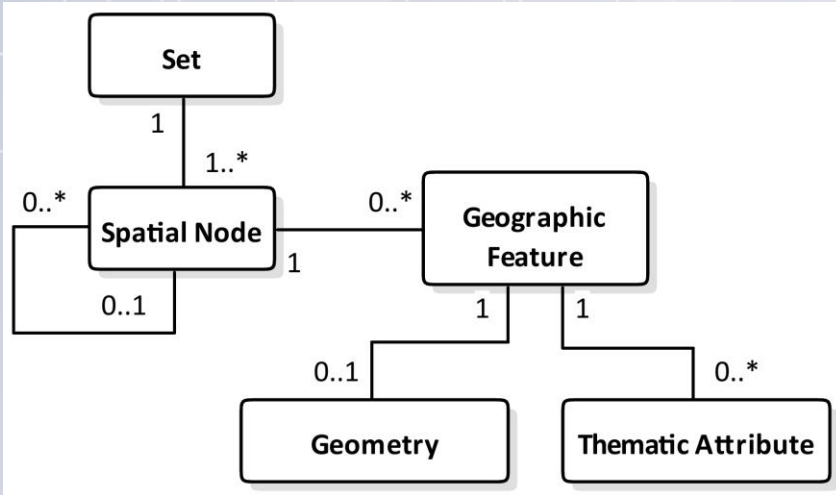
- Modèles pour l'échange et la visualisation de l'évolution des villes 4D sur le web

## ■ Méthodologie et contributions:

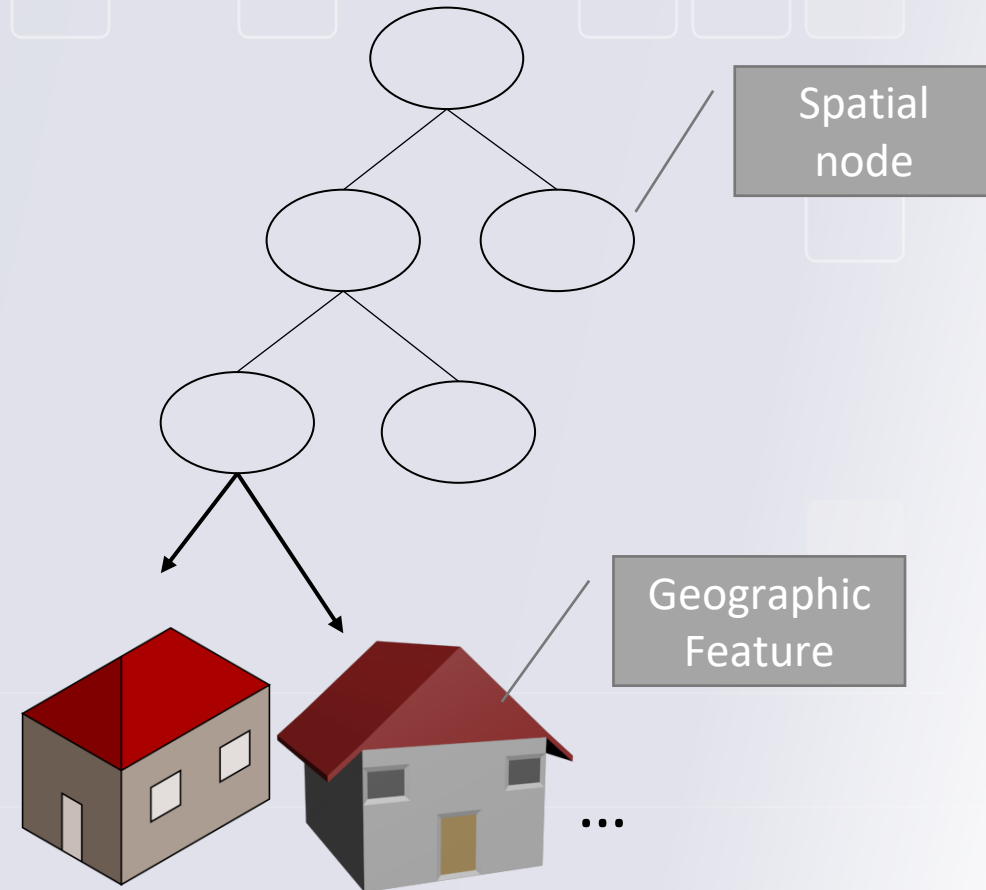
- Modèle générique 3D Tiles et i3s
- Formalisation et intégration dimension temporelle
- Spécification dans 3D Tiles
- Implémentation open source

# Modèle générique – Villes 3D

## Gen3DGeo

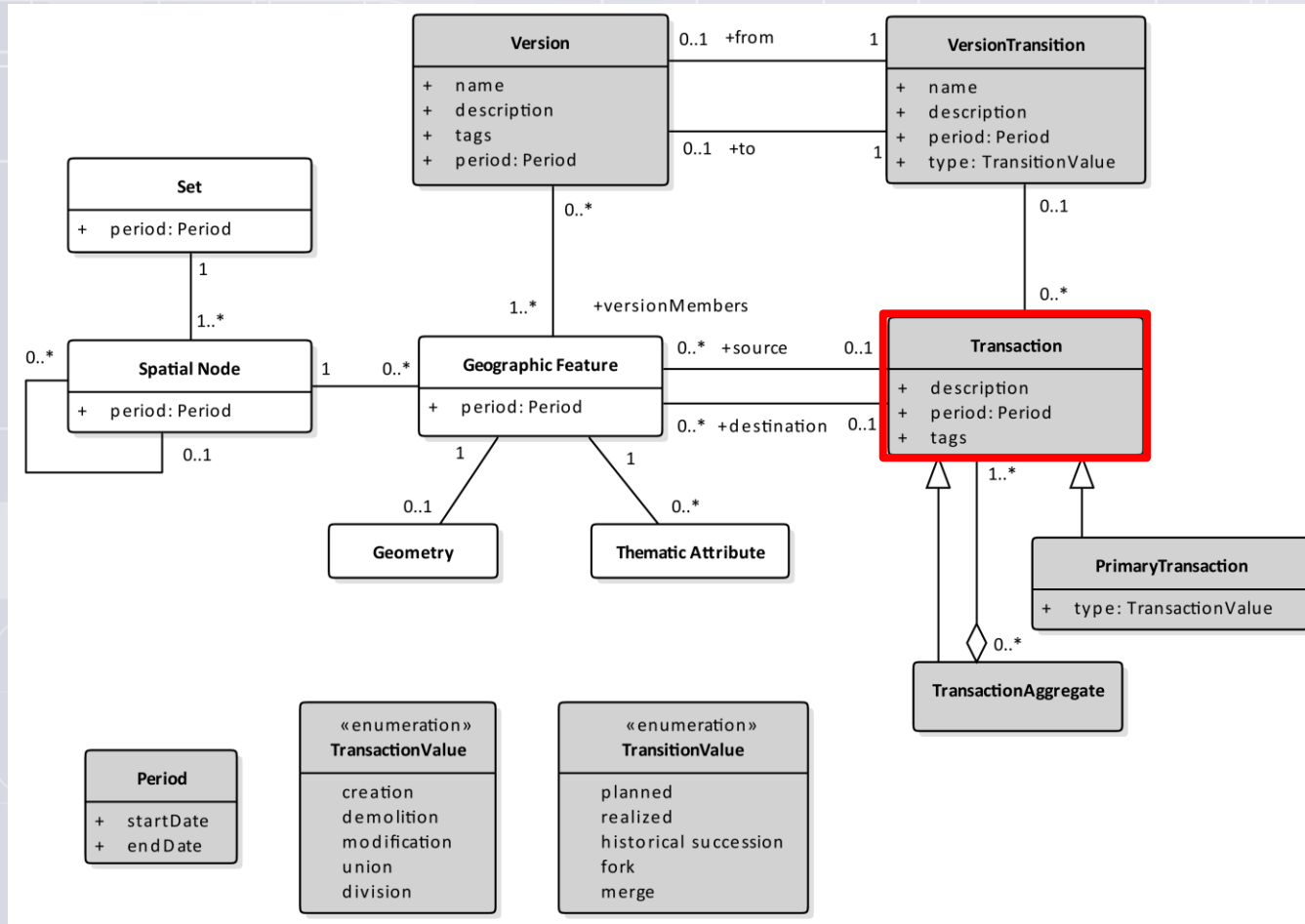


*Modèle générique pour la visualisation de villes 3D sur le web*



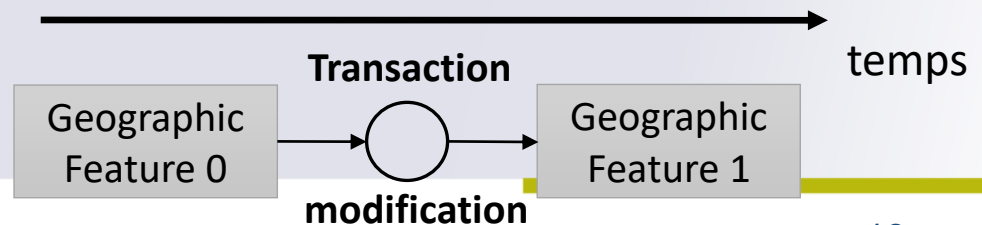
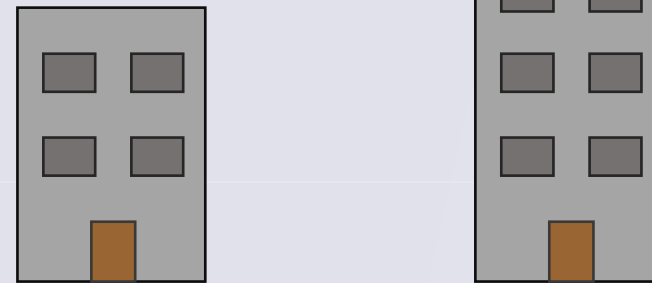
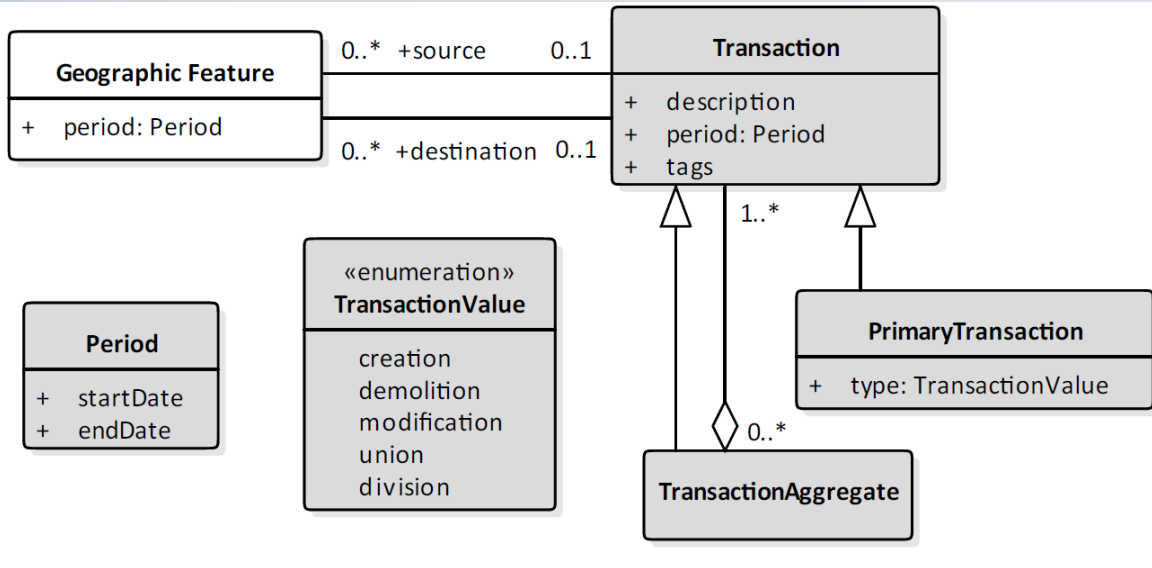
# Formalisation et intégration dimension temporelle

## Gen4DGeo

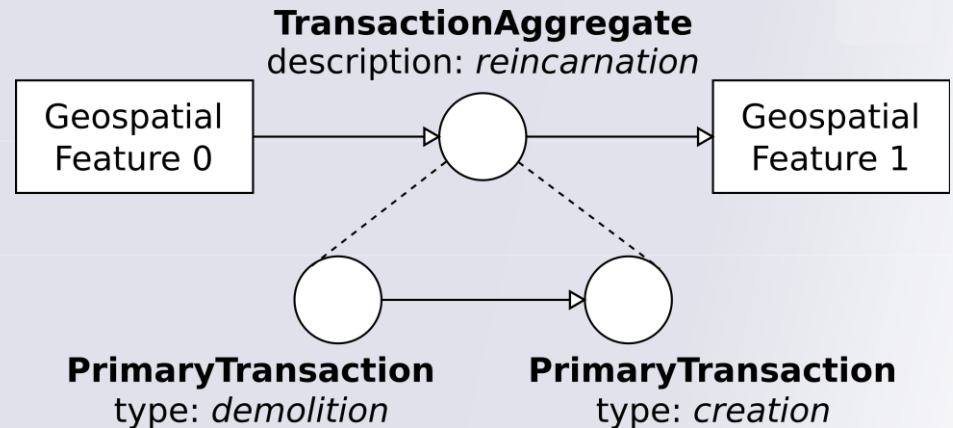
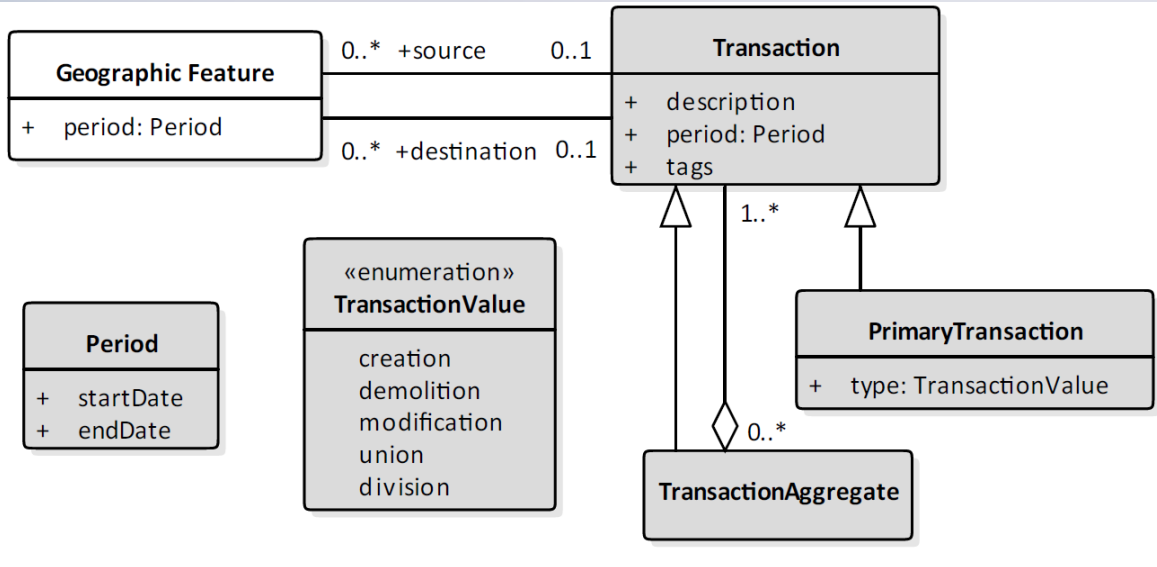


Modèle générique pour la visualisation de villes 4D sur le web

# Formalisation et intégration dimension temporelle

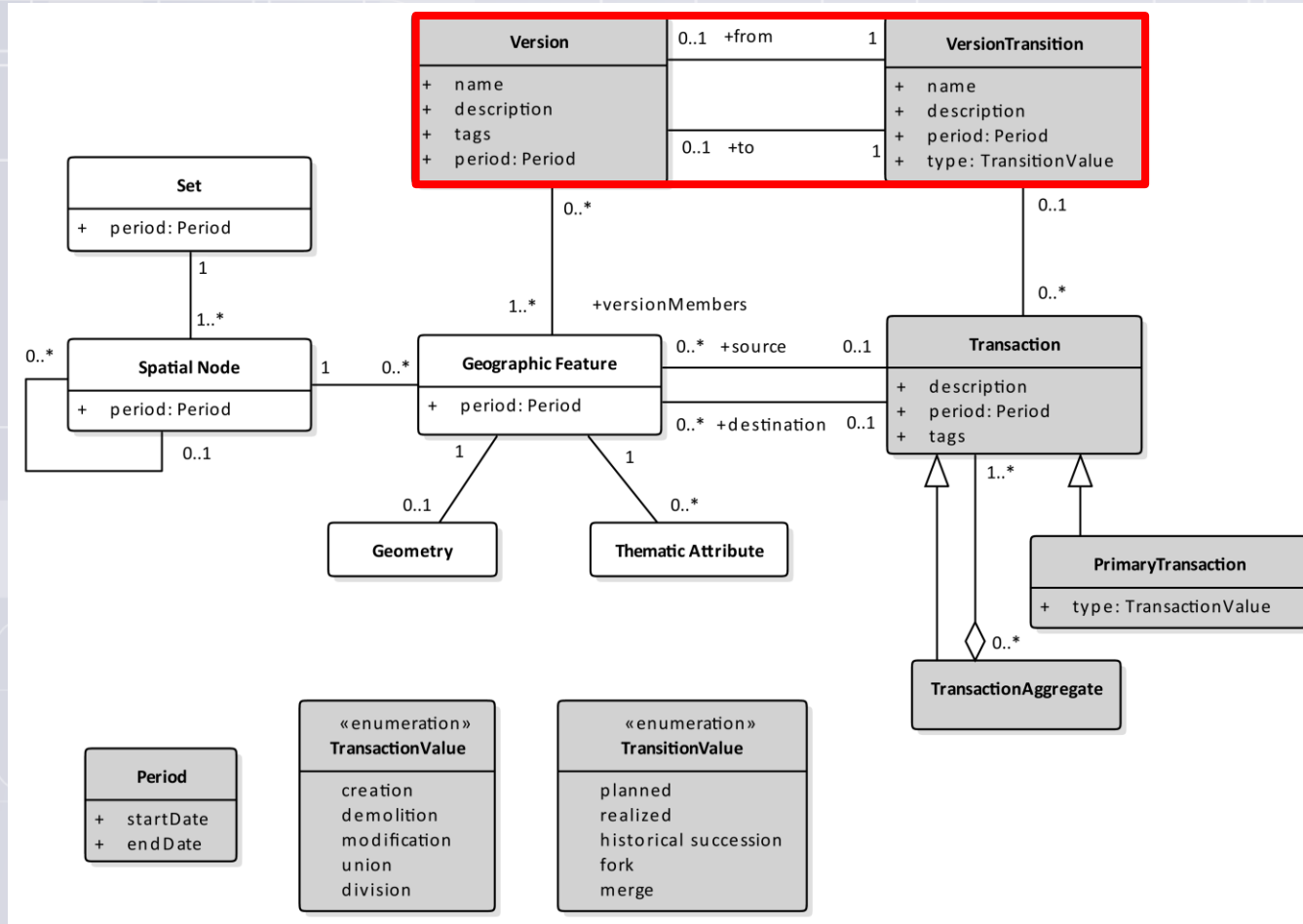


# Formalisation et intégration dimension temporelle



# Formalisation et intégration dimension temporelle

## Gen4DGeo



Modèle générique pour la visualisation de villes 4D sur le web

# Formalisation et intégration dimension temporelle

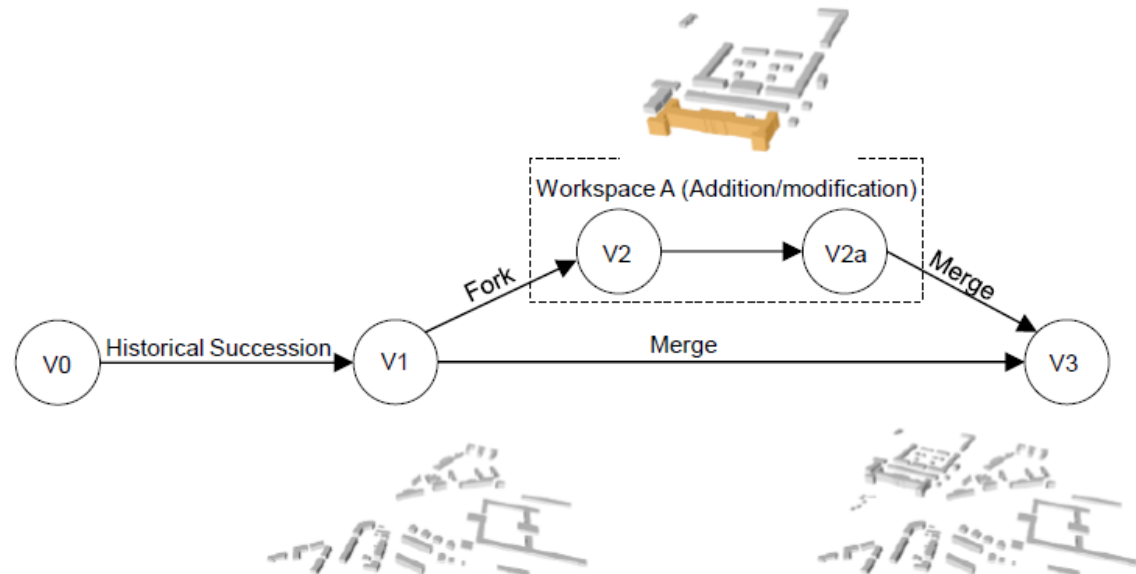
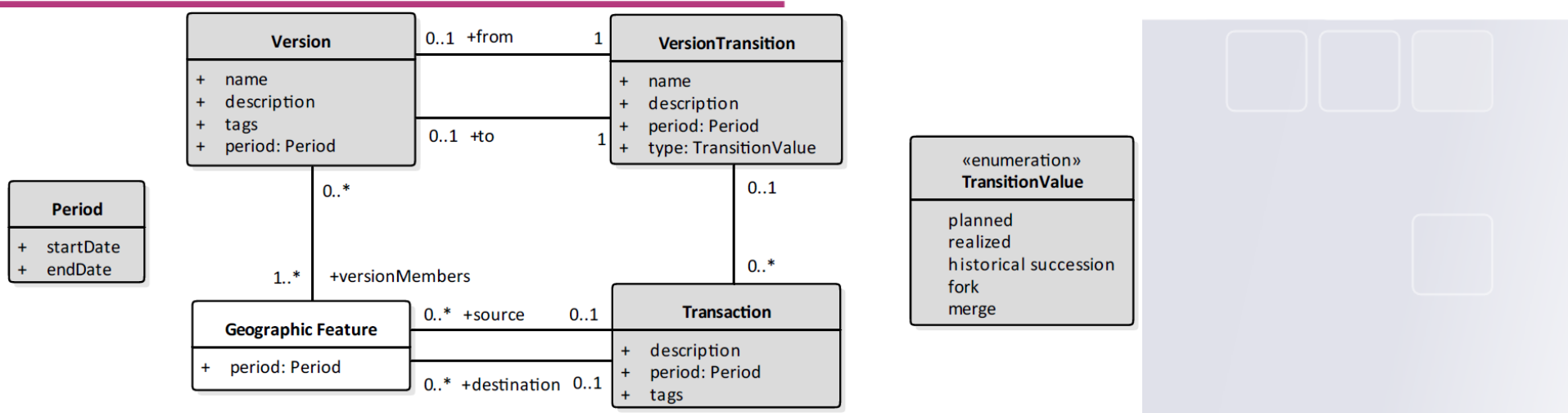
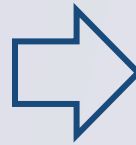
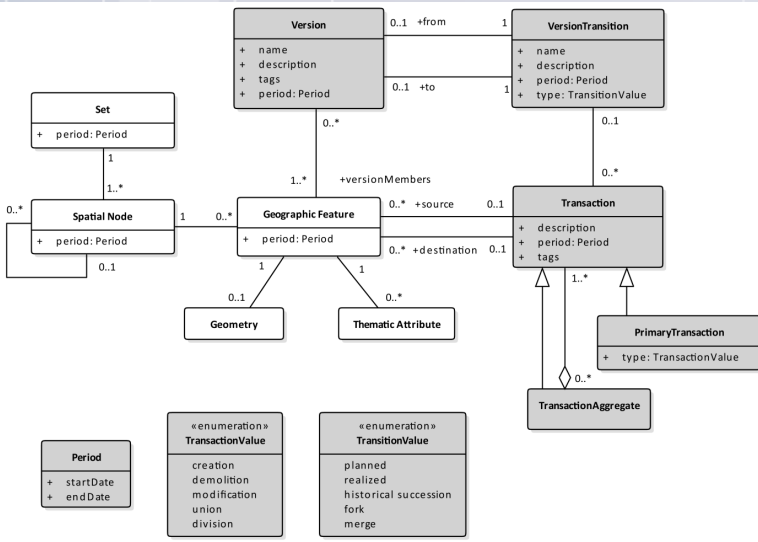


Image extraite de (Chaturvedi et al., 2017)

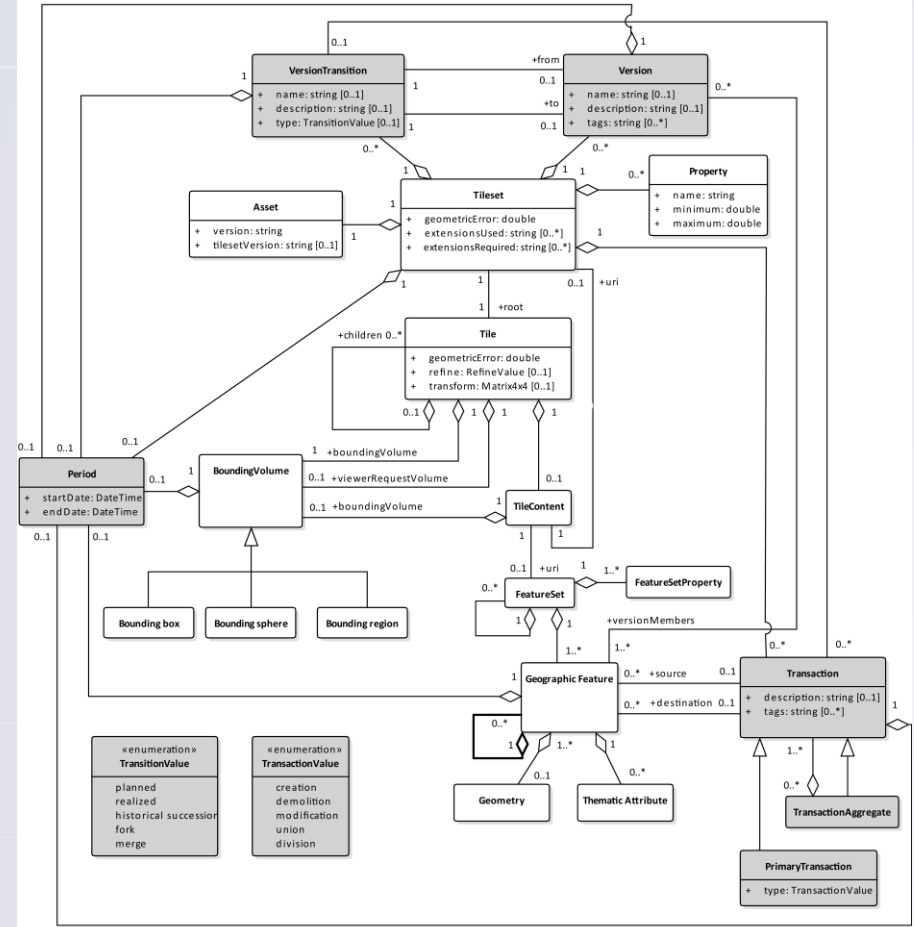


# Spécification dans 3D Tiles

## Gen4DGeo



## Logic4DCity



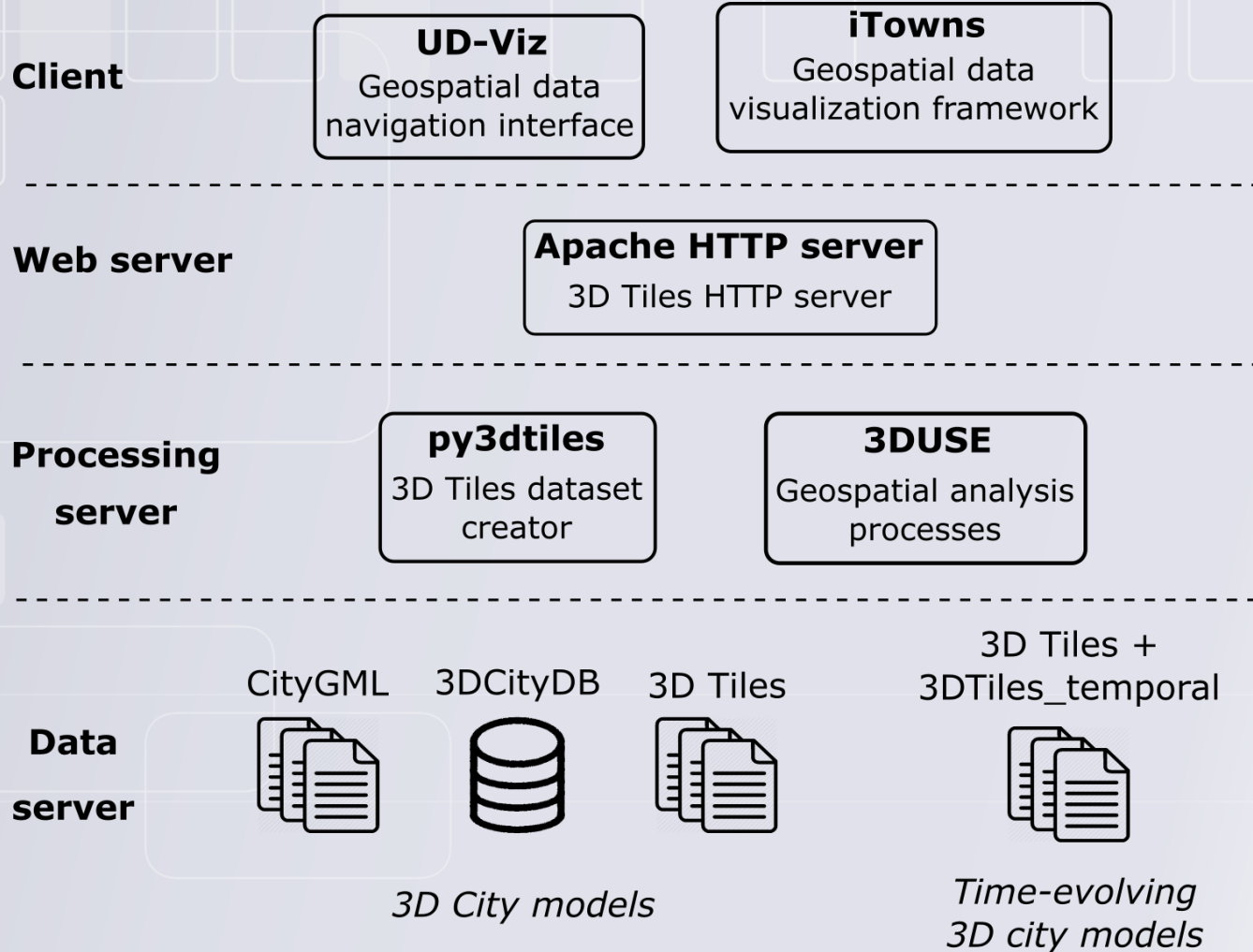
Modèle générique pour la visualisation de villes 4D sur le web

## Specification JSON Schema

<https://doi.org/10.5281/zenodo.3596881>

Modèle logique de 3D Tiles (blanc) et extension temporelle (gris)

# Architecture logicielle



# Evaluation – Jeux de données

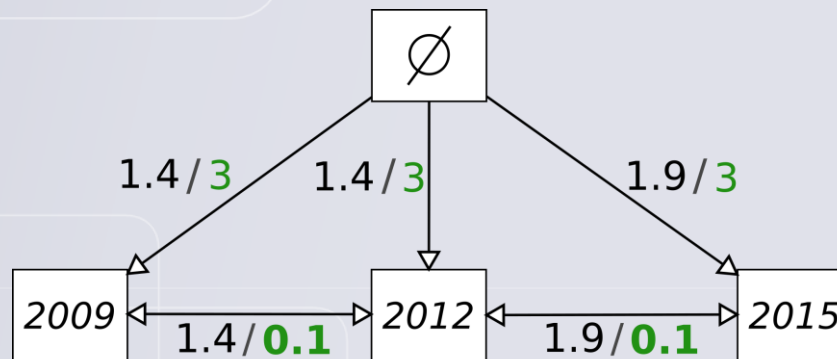
## ■ Trois jeux de données:

- **DS-CityGML:** Lyon 2009, 2012 et 2015 en CityGML
- **DS-3DTiles:** Lyon 2009, 2012 et 2015 en 3D Tiles
- **DS-3DTiles-Tmp:** Lyon entre 2009 et 2015 en 3D Tiles avec extension temporelle

Dataset		Size (MB)	Number of buildings
DS-CityGML	2009	1100	14827
	2012	1110	14835
	2015	976	24289
	<b>Total</b>	<b>3176</b>	<b>53951</b>
DS-3DTiles	2009	182	14827
	2012	183	14835
	2015	261	24289
	<b>Total</b>	<b>626</b>	<b>53951</b>
DS-3DTiles-Tmp		<b>435</b>	<b>36975</b>

# Evaluation – Navigation

Dataset	Mean loading and rendering time (seconds)	Standard deviation	
DS-3DTiles	2009	1.4	0.03
	2012	1.4	0.04
	2015	1.9	0.1
	<b>Total</b>	<b>4.7</b>	N.A.
DS-3DTiles-Tmp	<b>3</b>	0.04	

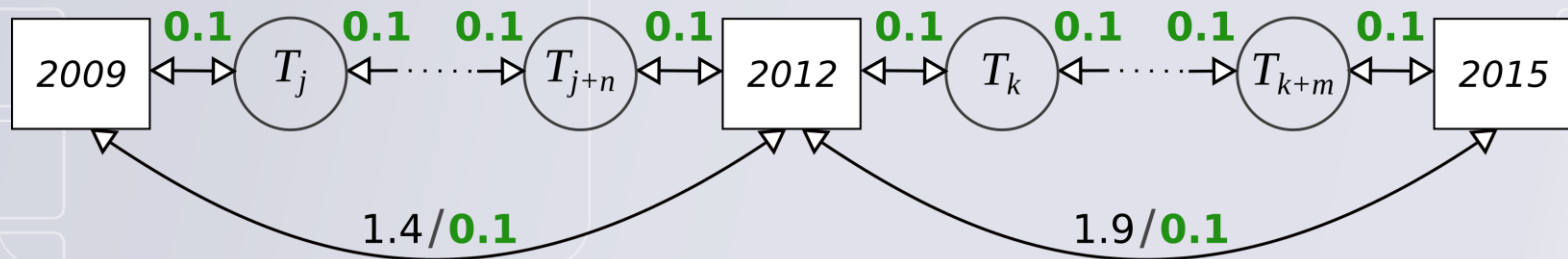


## Legend

Animation time with 3D Tiles (seconds)

Animation time with 3D Tiles temporal extension (seconds)

# Evaluation – Navigation



## Legend

Animation time with 3D Tiles (seconds)

Animation time with 3D Tiles temporal extension (seconds)

Year State at date Year

$T_x$  Transitory state between two dates

# Démonstration: Visualisation et navigation

## Delivering time-evolving 3D city models for web visualization

*Vincent Jaillot, Sylvie Servigne, Gilles Gesquière*



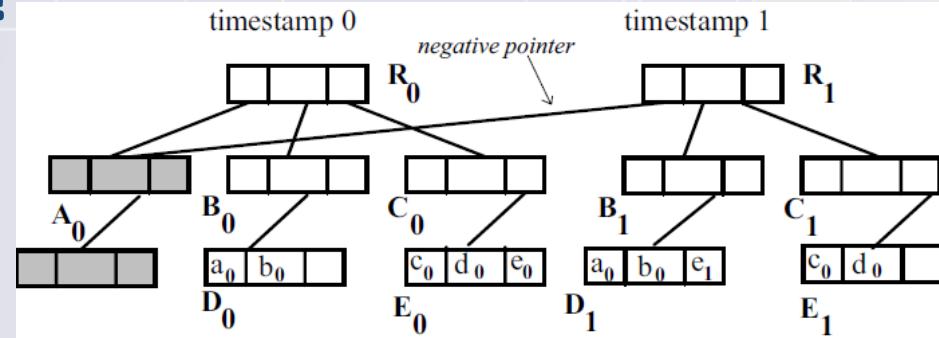
# Conclusion

- **Modèle générique 3D Tiles – i3s**
- **Formalisation et intégration de la dimension temporelle au niveaux conceptuel, logique et specification**
- **Implémentation open source**

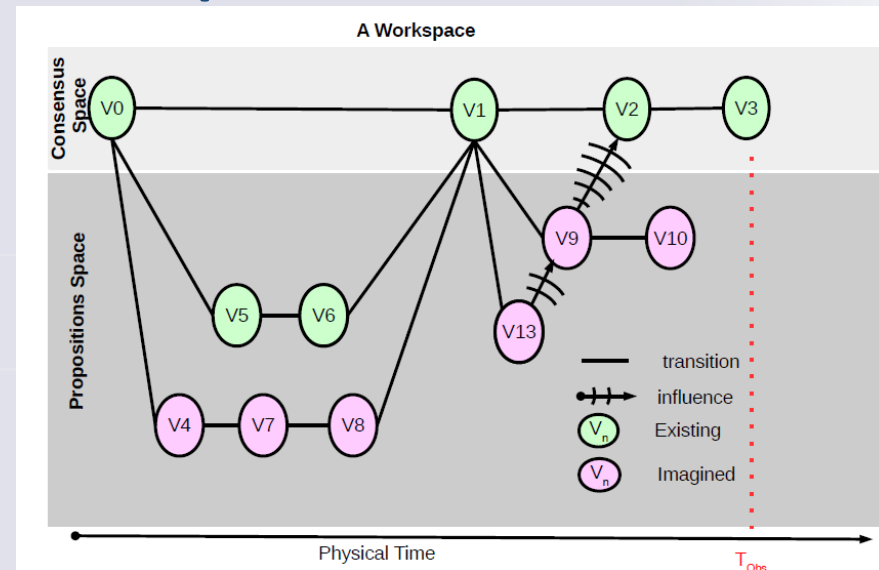
# Perspectives

## Quels index spatio-temporels ?

HR-Tree ? (Yufei *et al.*, 2001)



## Vers un modèle plus complexe pour représenter l'évolution de la ville ? (Samuel *et al.*, 2020)





## Pour aller plus loin...

- **Article:** Jaillot, Vincent, Sylvie Servigne, and Gilles Gesquière. 2020. “**Delivering Time-Evolving 3D City Models for Web Visualization.**” *International Journal of Geographical Information Science*, April.  
<https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/13658816.2020.1749637>.
- **Reproduire la démonstration:** <https://github.com/VCityTeam/UD-Reproducibility/tree/master/Demos/Temporal-LyonMetropole>
- **Reproduire l'évaluation:** <https://github.com/VCityTeam/UD-Reproducibility/tree/master/Articles/2020-IJGIS-Temporal>
- **Jeux de données:**
  - 3D Tiles Lyon, Villeurbanne, Bron 2015: <https://zenodo.org/record/3606733>
  - 3D Tiles temporel Lyon 2009 – 2015: <http://doi.org/10.5281/zenodo.3596861>