

Reconstruction en 3D de scènes urbaines à partir de données aéroportées: quels progrès depuis 20 ans?

Florent Lafarge

Equipe-Projet Titane

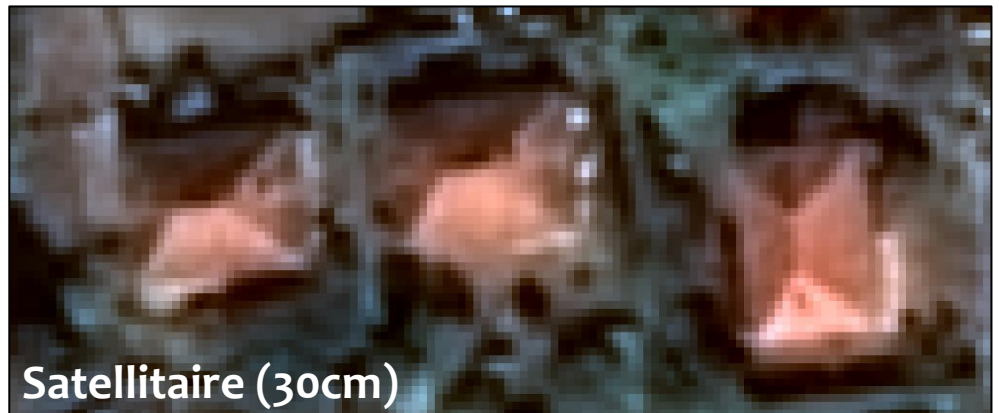
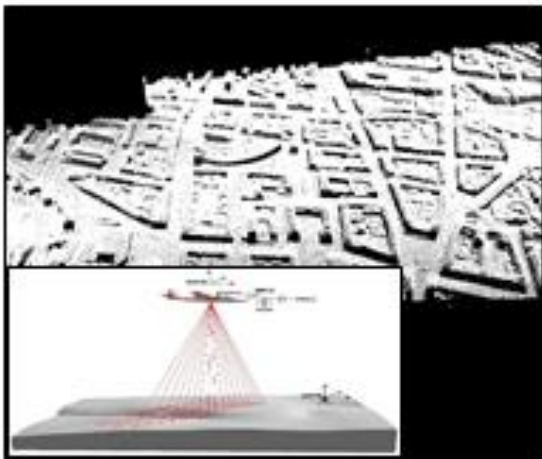
The logo for Inria, featuring the word "Inria" in a stylized, red, cursive script font.

Définition du problème et défis scientifiques

Modélisation géométrique de scènes urbaines à partir de données aéroportés

Les données

- Images aériennes
- Images satellitaires
- Relevé Laser (aérien)



Définition du problème et défis scientifiques

Modélisation géométrique de scènes urbaines à partir de données aéroportés

Les données

- Images aériennes
- Images satellitaires
- Relevé Laser (aérien)

L'objectif

- Créer un jumeau numérique des scènes urbaines (bâtiments)
- Géométrie définie explicitement
 - Scènes statiques

Applications

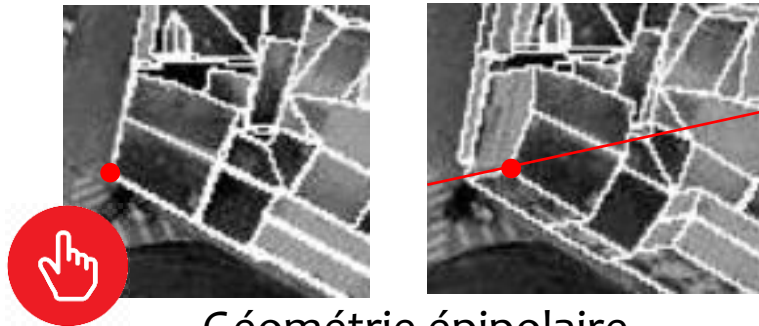
Simulation
Visualisation
Planification

Défis scientifiques

Robustesse aux données imparfaites
Adaptabilité aux besoins des utilisateurs
Performance

Etat de l'art il y a 20 ans

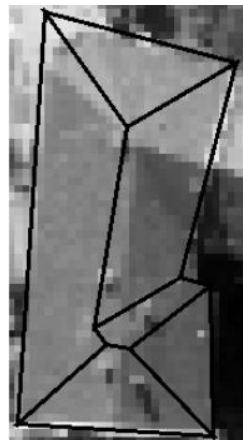
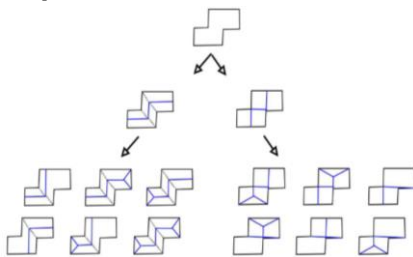
- principalement des plateformes de modélisation interactives



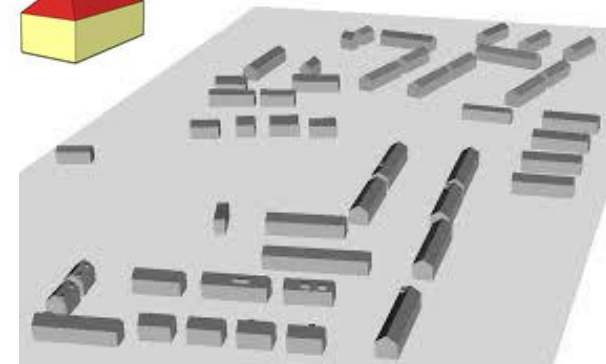
→ sociétés de SIG

- quelques méthodes automatiques

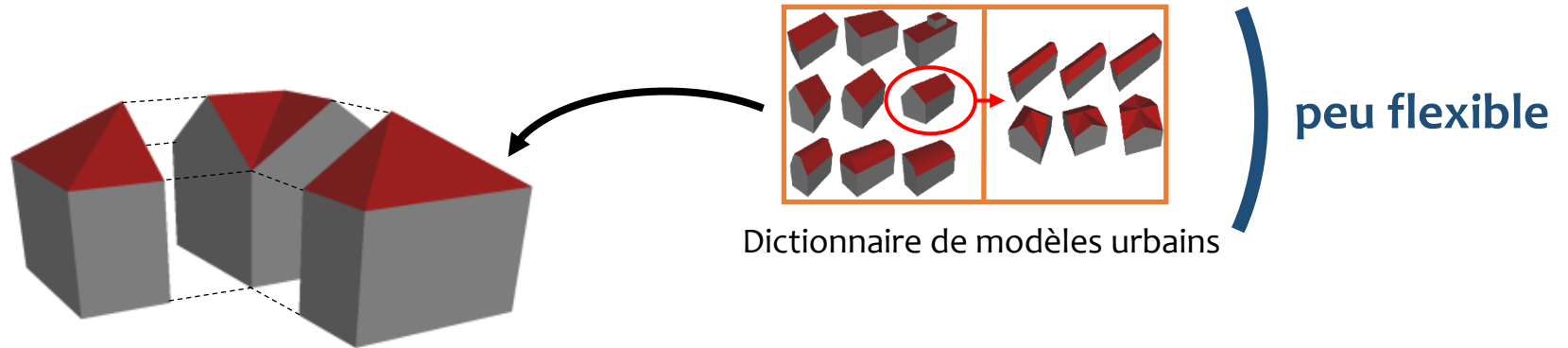
squelettisation de toits



template matching



Assemblage de modèles 3D (2008)

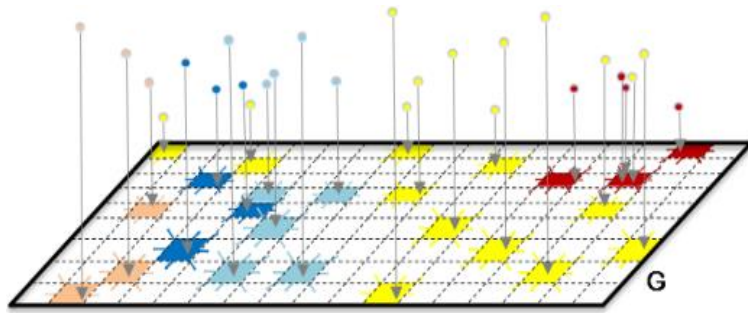


un bâtiment = un assemblage de modèles paramétriques 3D simples

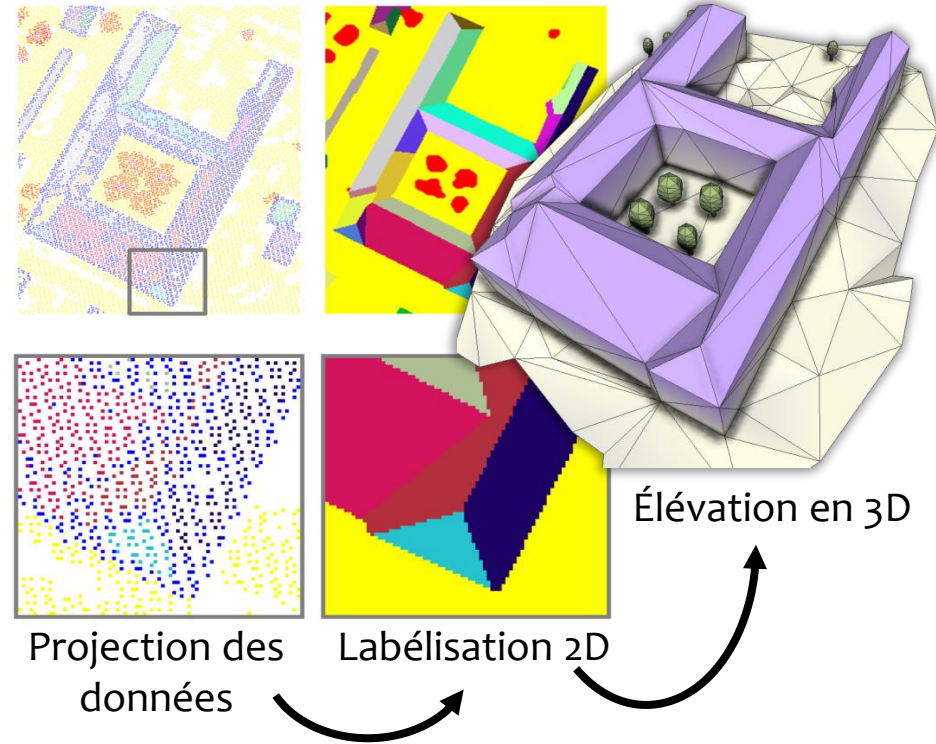
- Formulation bayésienne avec des a priori d'assemblage
- Optimisation stochastique (RJMCMC+SA)

peu performant

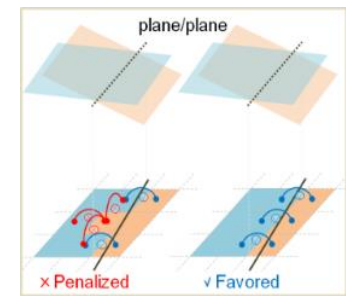
Arrangement planimétrique basé pixel (2011)



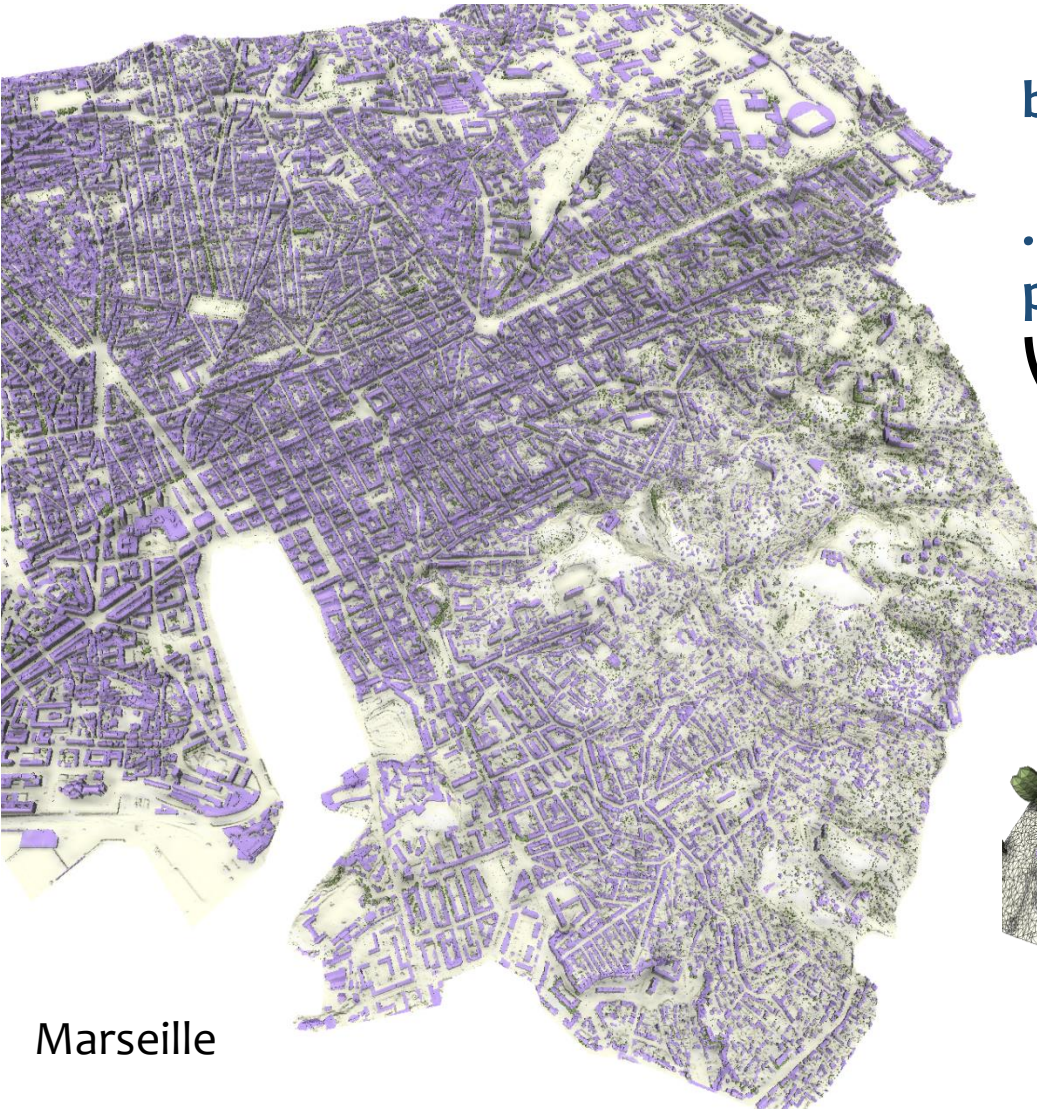
Reconstruire des bâtiments
comme un problème de
labélisation d'images



- Champs de Markov et optimisation sur graphes
- Interactions géométriques 3D encodées au niveau pixel



Arrangement planimétrique basé pixel (2011)

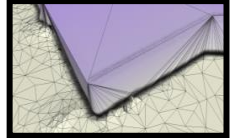
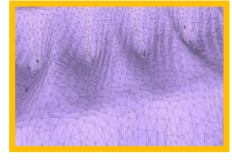
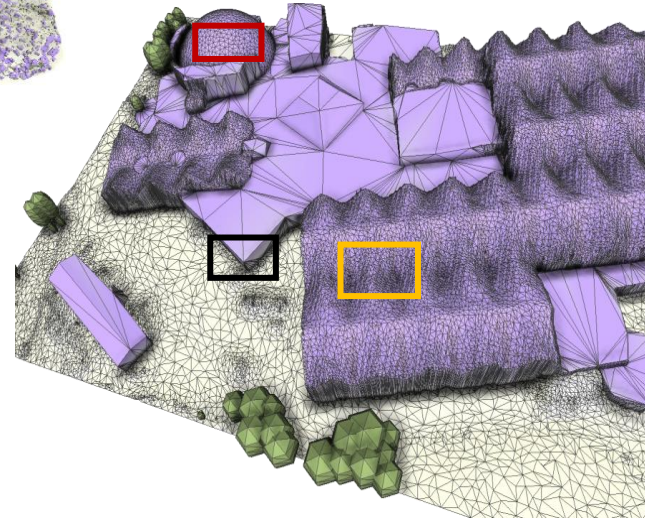


Marseille

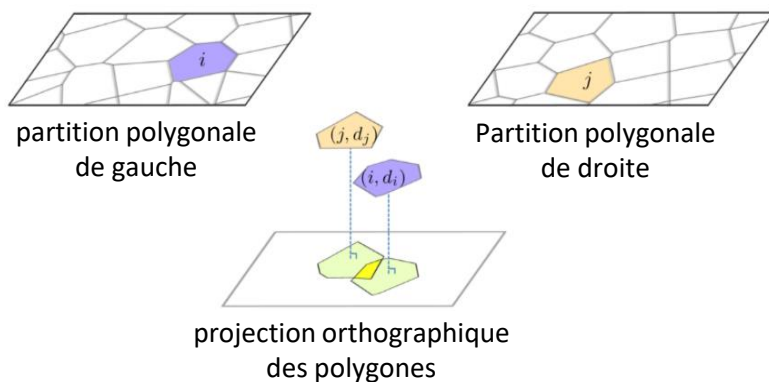
bonnes performances

... mais pas directement exploitable par les praticiens

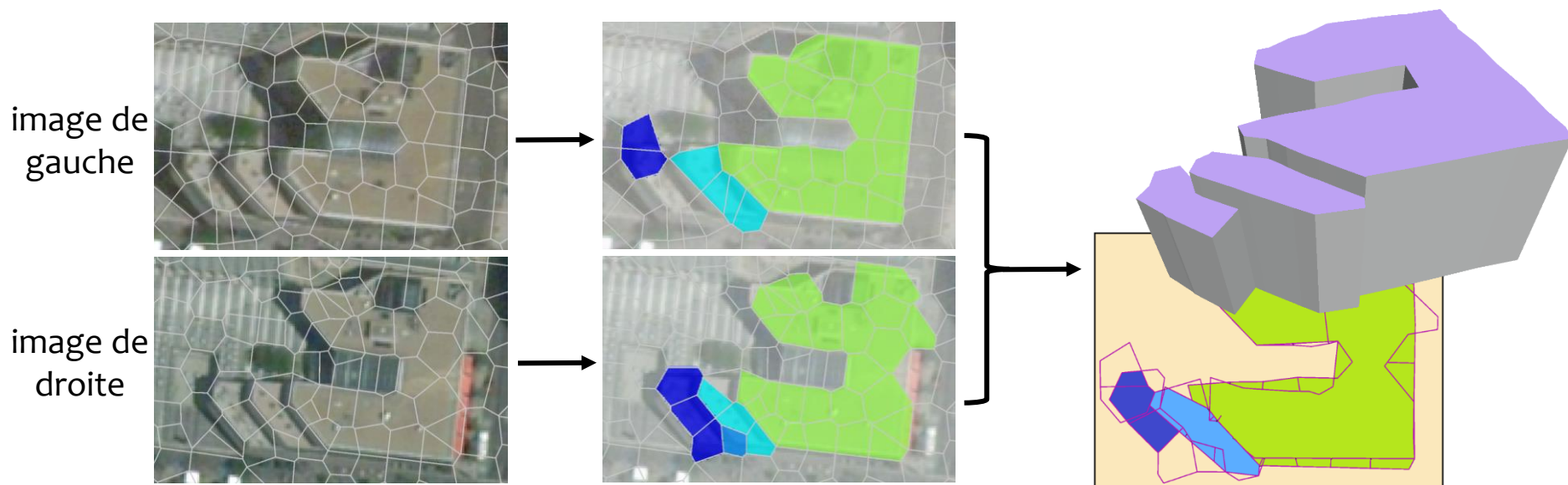
Besoin d'exploiter des structures de données géométriques efficaces



Fusion de cellules de Voronoi (2015)

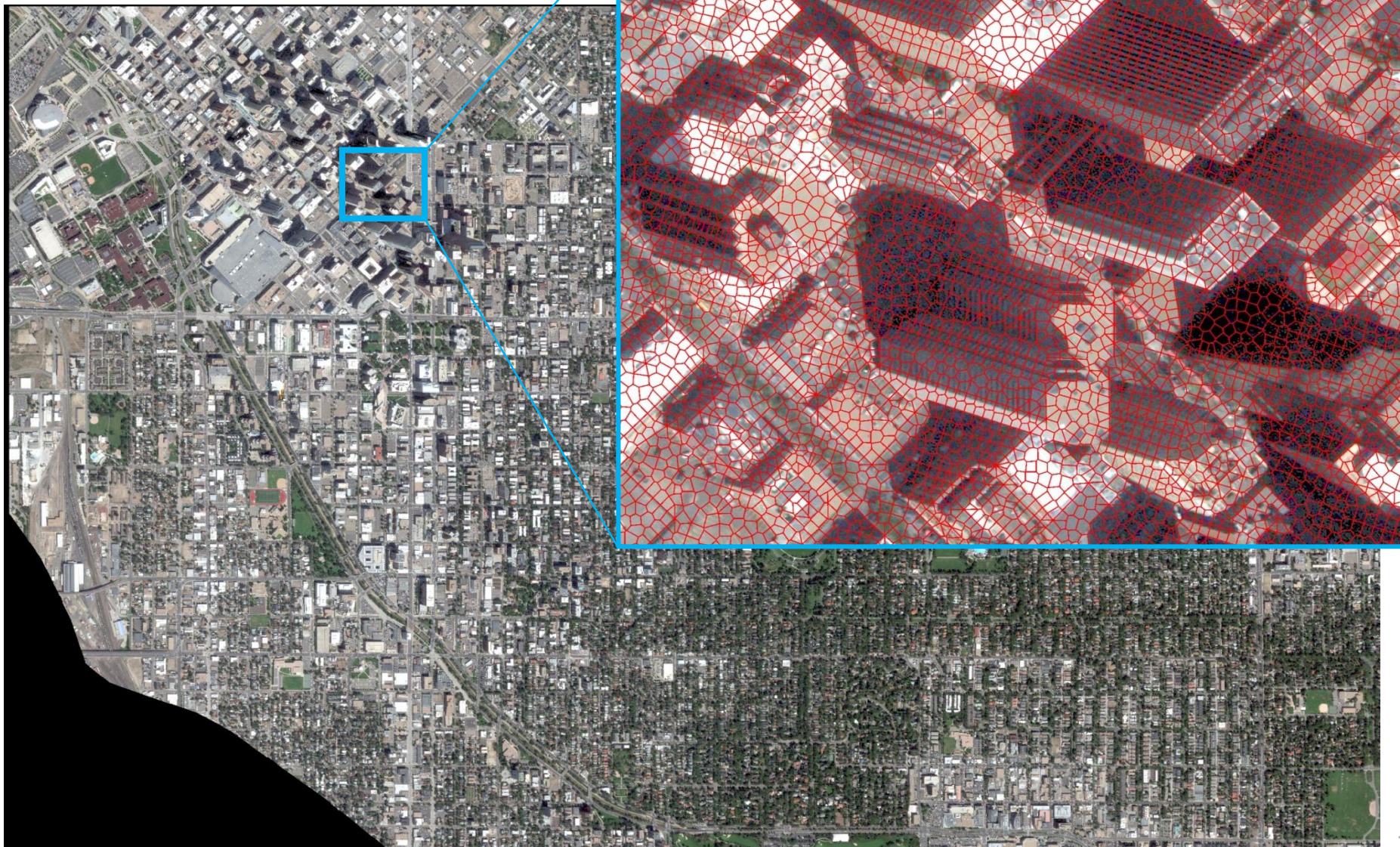


- Sur-segmentation des images stéréo
- Estimation de l'élévation des cellules
- Fusion géométrique



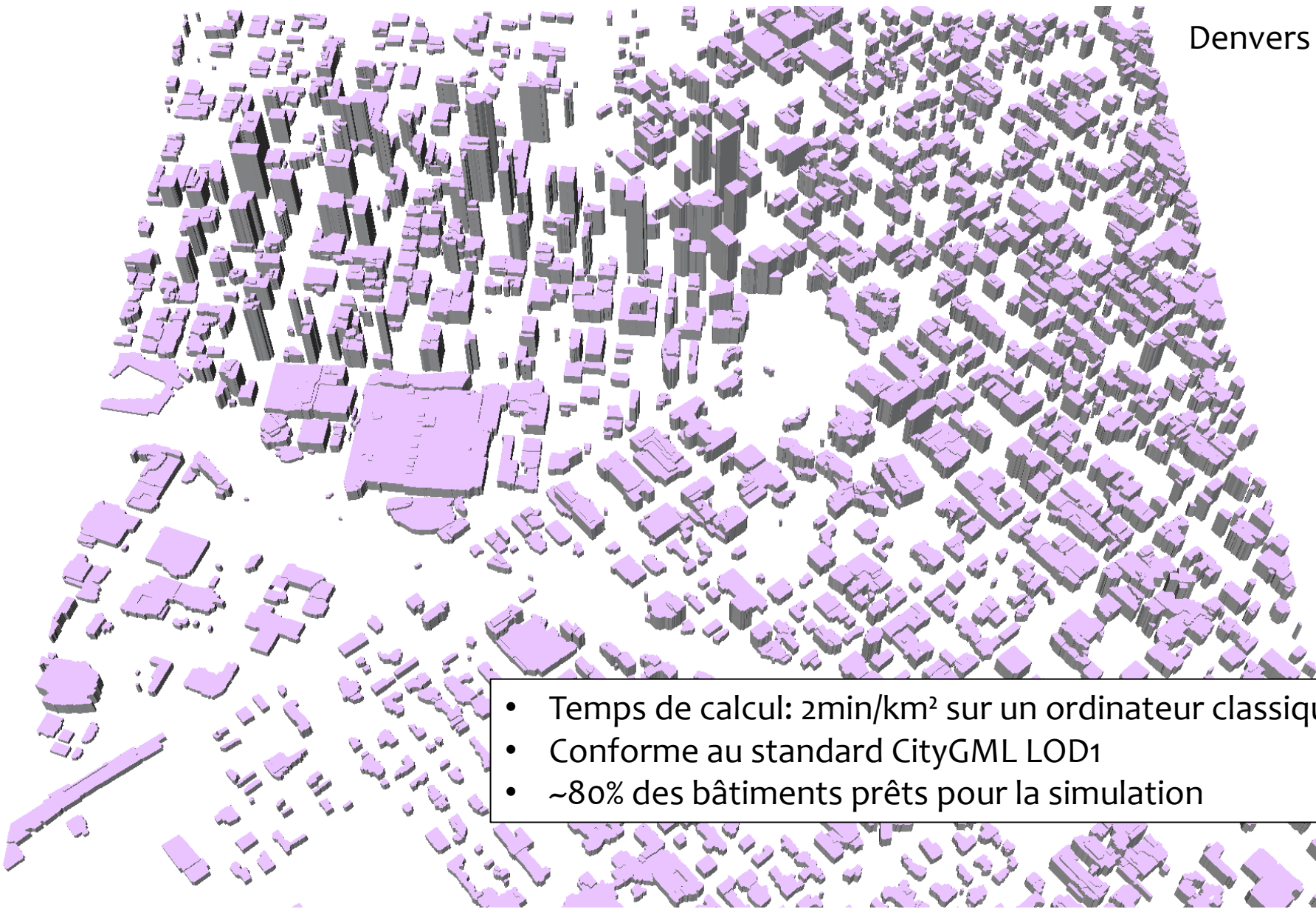
Fusion de cellules de Voronoi (2015)

Denvers (US)



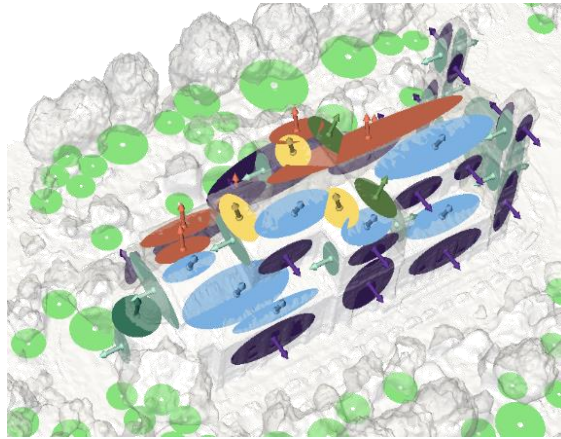
Fusion de cellules de Voronoi (2015)

Denver (US)



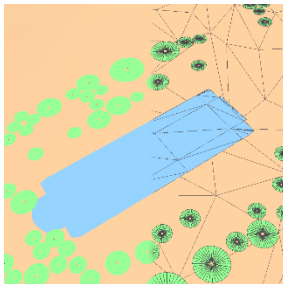
- Temps de calcul: 2min/km² sur un ordinateur classique
- Conforme au standard CityGML LOD1
- ~80% des bâtiments prêts pour la simulation

Assemblage de formes planaires (2015)



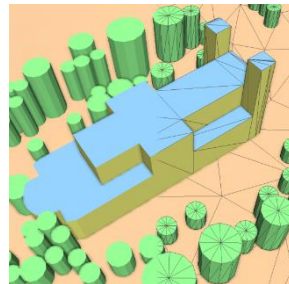
- Détection de formes planaires
- Analyse à différents niveaux d'abstraction
- Assemblage par arrangement de plans

Sortie: niveaux de détail (LOD) CityGML



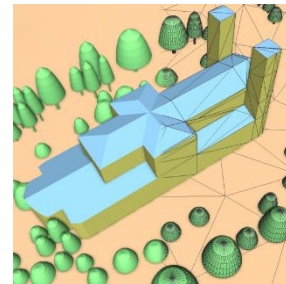
LOD0

transport
drainage



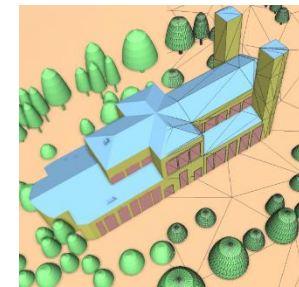
LOD1

Planification radio
Simulation de catastrophes



LOD2

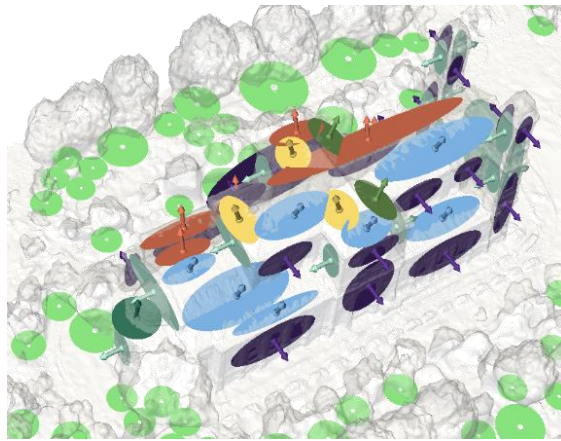
Aménagement urbain
Simulation thermique



LOD3

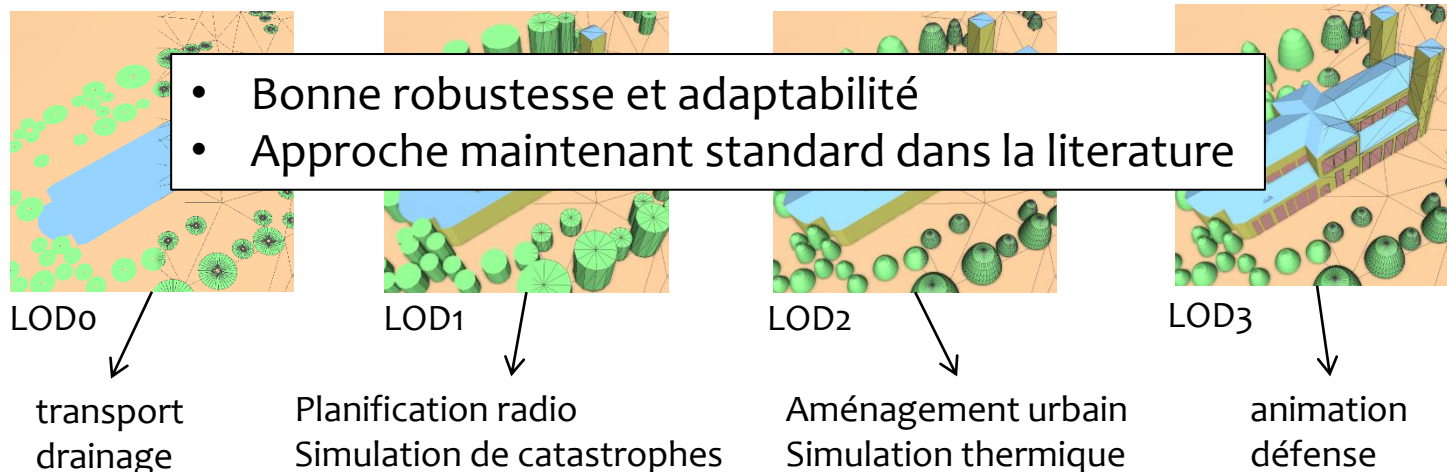
Animation

Assemblage de formes planaires (2015)

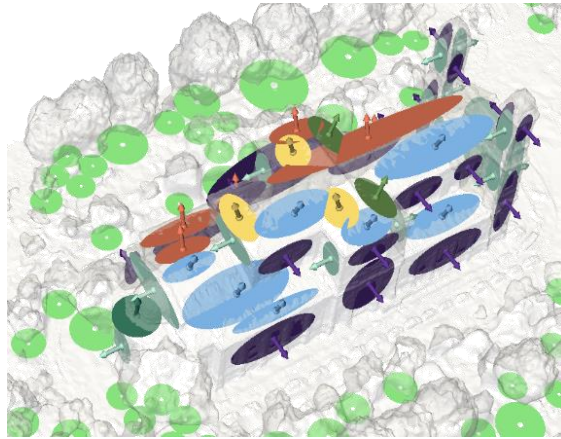


- Détection de formes planaires
- Analyse à différents niveaux d'abstraction
- Assemblage par arrangement de plans

Sortie: niveaux de détail (LOD) CityGML



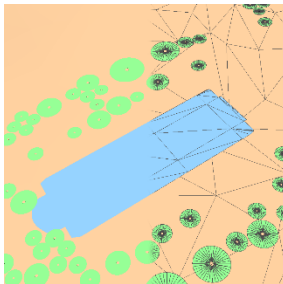
Assemblage de formes planaires (2015)



- Détection de formes planaires
- Analyse à différents niveaux d'abstraction
- Assemblage par arrangement de plans

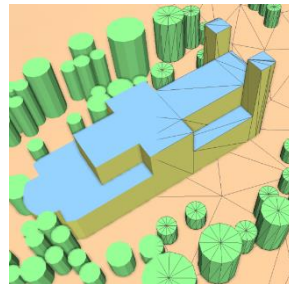
peu performant

Sortie: niveaux de détail (LOD) CityGML



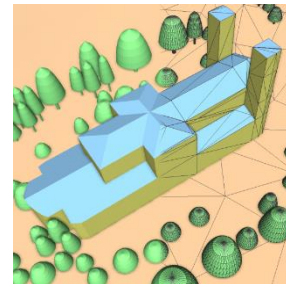
LOD0

transport
drainage



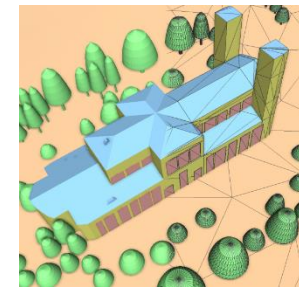
LOD1

Planification radio
Simulation de catastrophes



LOD2

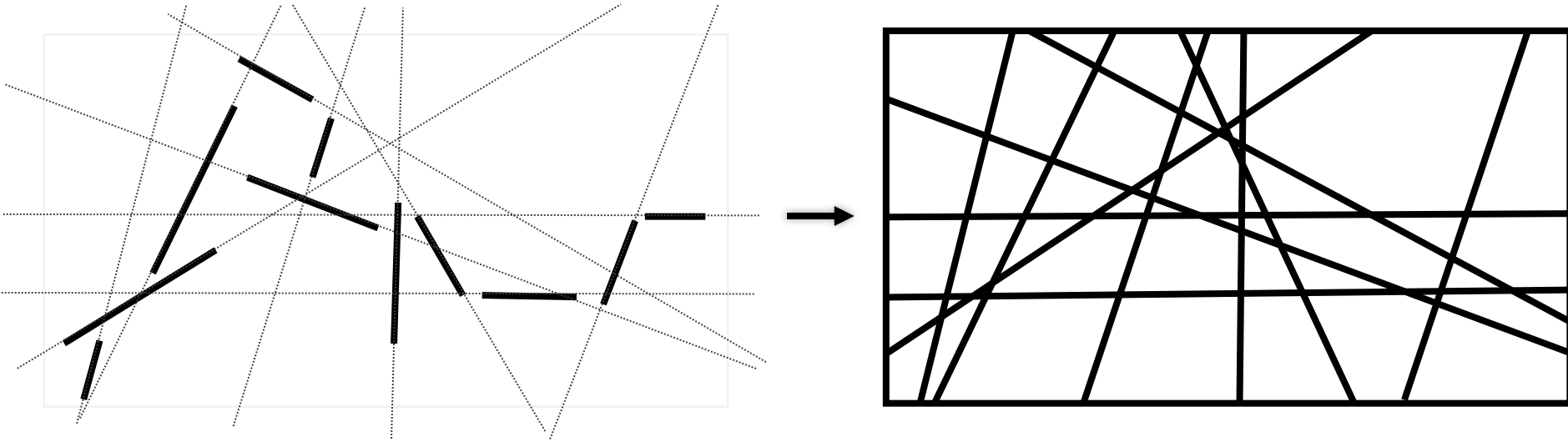
Aménagement urbain
Simulation thermique



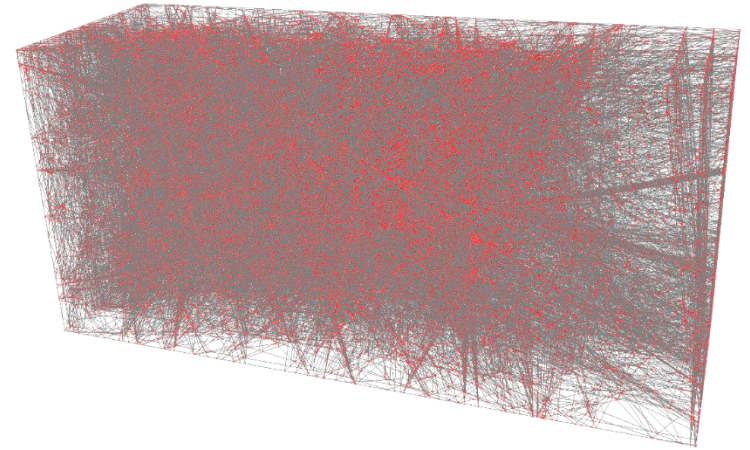
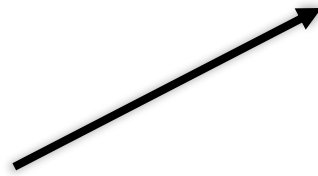
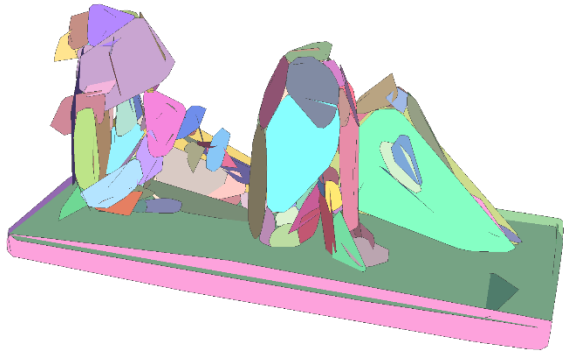
LOD3

animation
défense

Construction des arrangements de plans



Construction des arrangements de plans



#formes planaires: 146

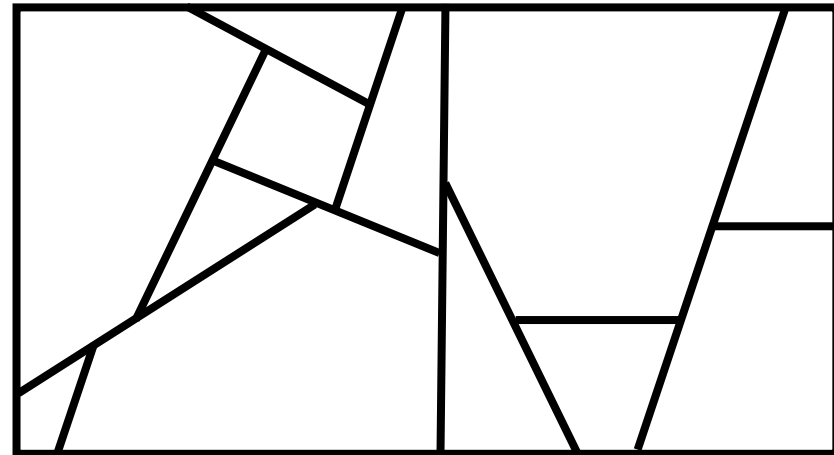
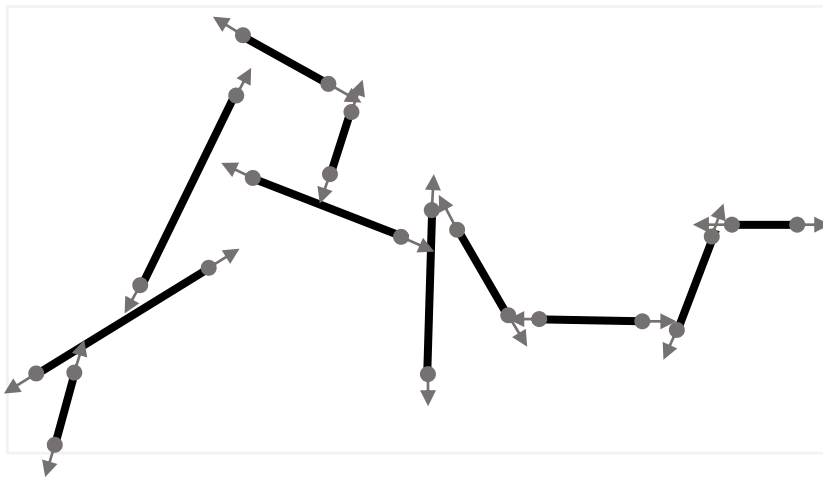
#polyèdres: 190K

Temps de construction: 11min

Consommation mémoire: 6.4GB

Besoin de structures de données plus efficaces!

Arrangements de plans cinétique (2020)

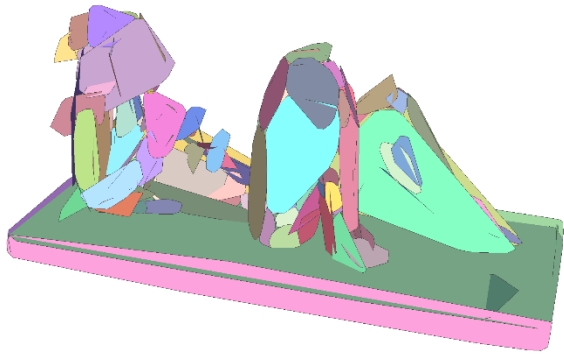


Arrangements de plans cinétique (2020)

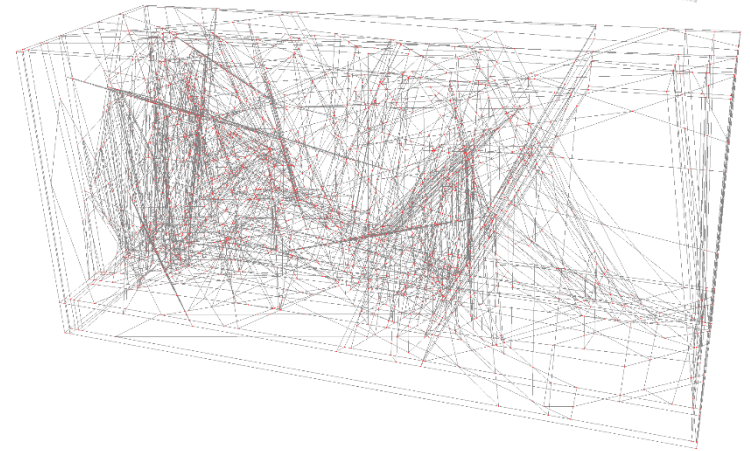
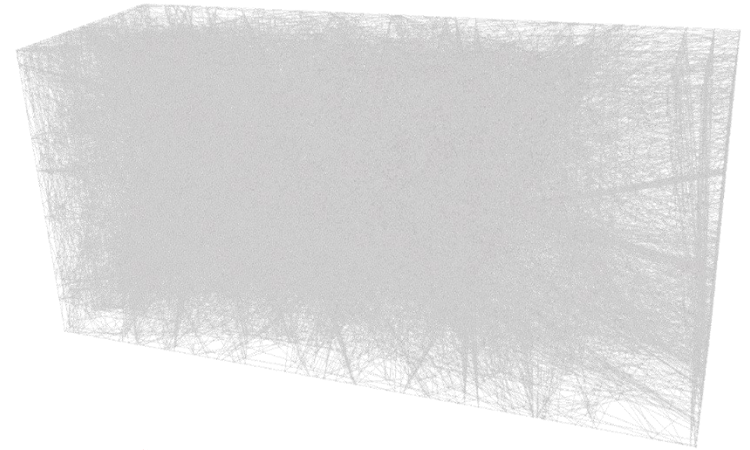
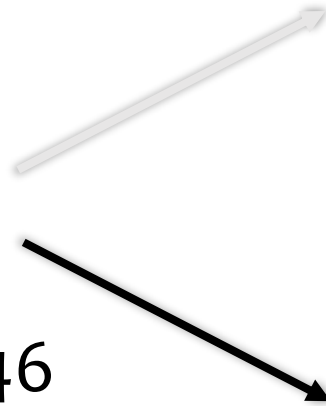
- **Construction exacte**
calcul avec des rationnels
- **Traitement rapide des évènements**
prédiction à court terme
- **Garanties géométriques**
plongement valide, convexité..
- **Guidé par les données**
propagation en cohérence avec
les donnés



Arrangements de plans cinétique (2020)



#formes planaires: 146



#polyèdres: ~~190K~~ 1.1K

Temps de construction: ~~11min~~ 1.7min

Consommation mémoire: ~~6.4GB~~ 194MB

Arrangements de plans cinétique : utilisation



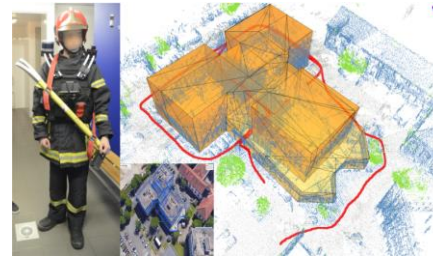
SIG



Object polygonalization
R. Marlet, CVPR2020



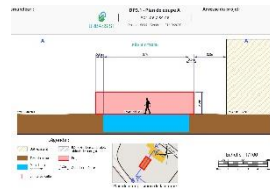
Image-based rendering
G. Drettakis, CGF2019



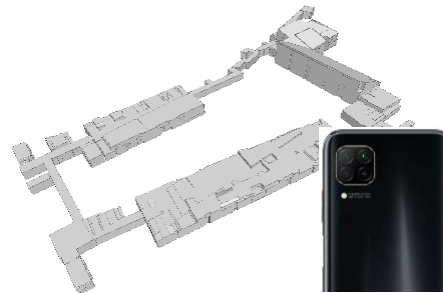
SLAM in adverse environments
P. Alliez, IROS2020



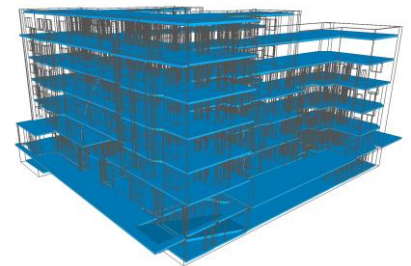
Drone-based reconstruction



Urban project
design



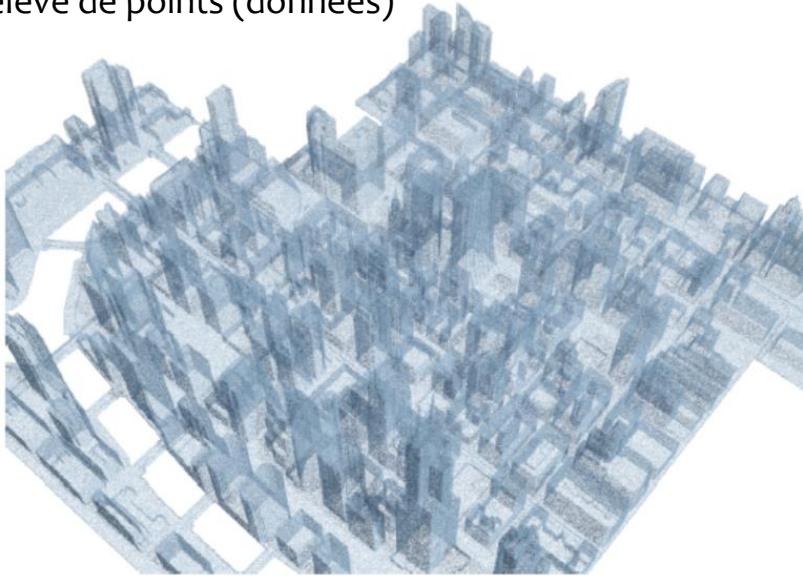
Indoor reconstruction



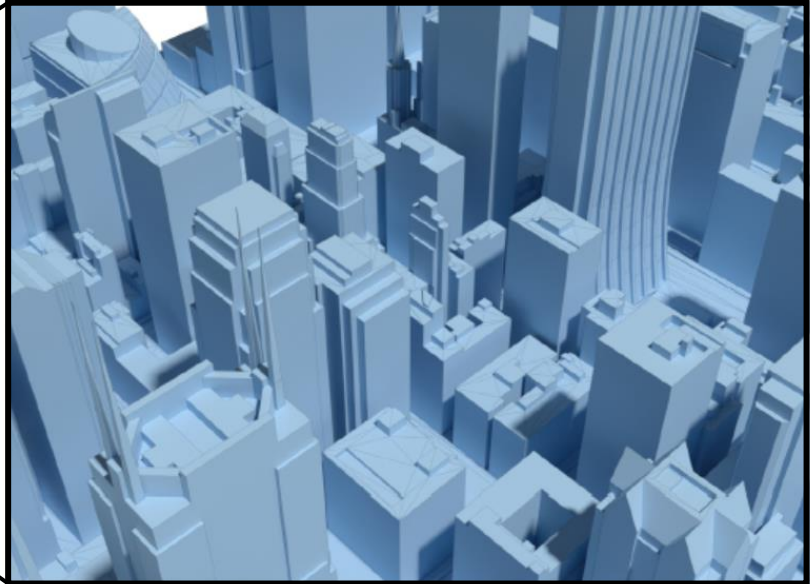
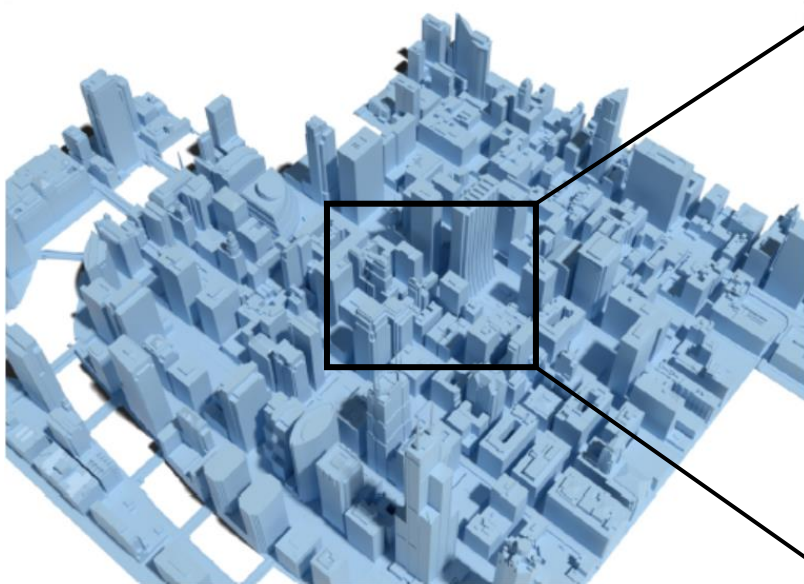
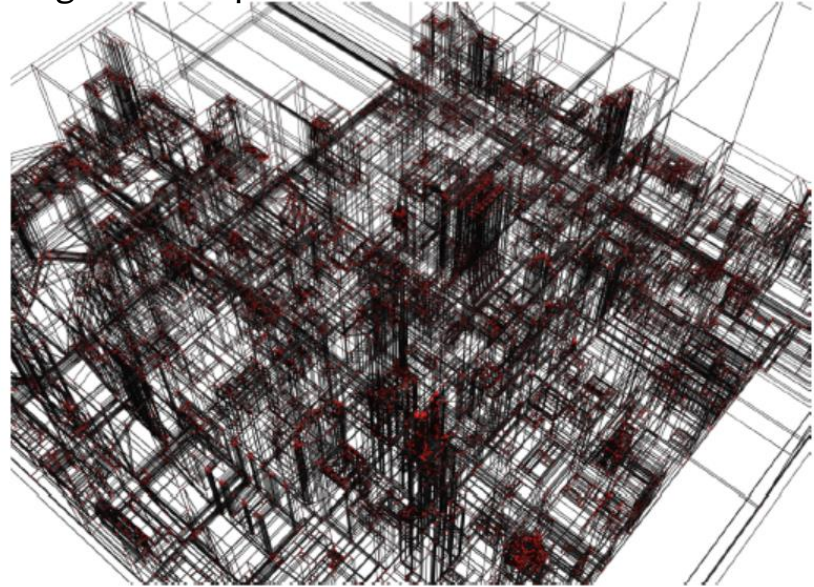
BIM model repairing

Arrangements de plans hiérarchiques (2024)

relevé de points (données)

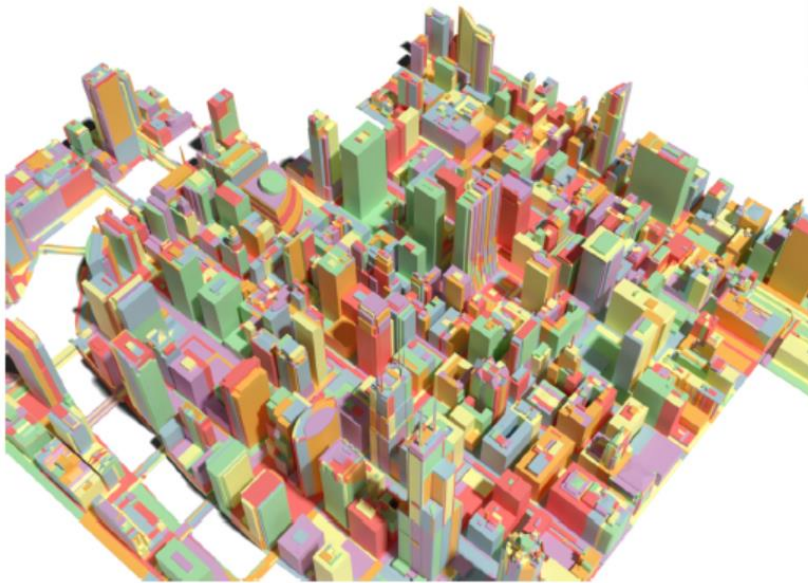


arrangement de plans



maillage reconstruit (sortie)

Arrangements de plans hiérarchiques (2024)



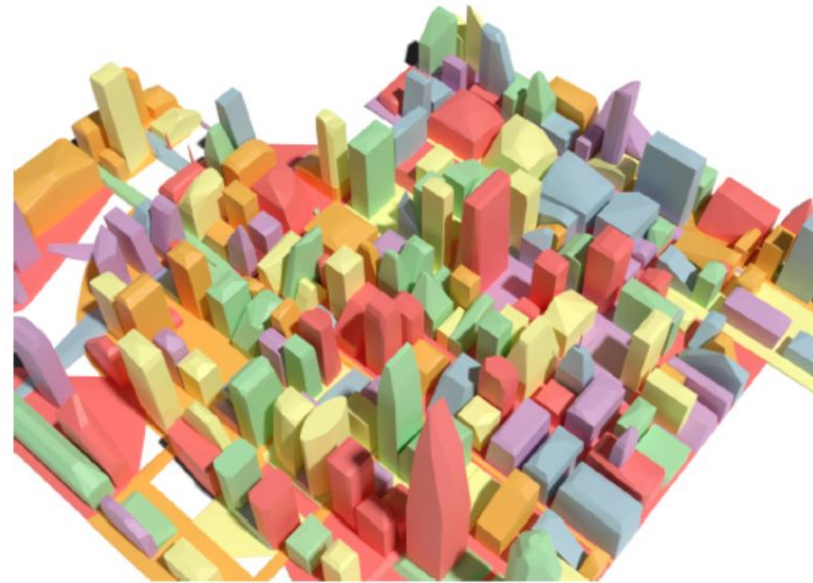
4951 polyèdres convexes



1000 polyèdres convexes



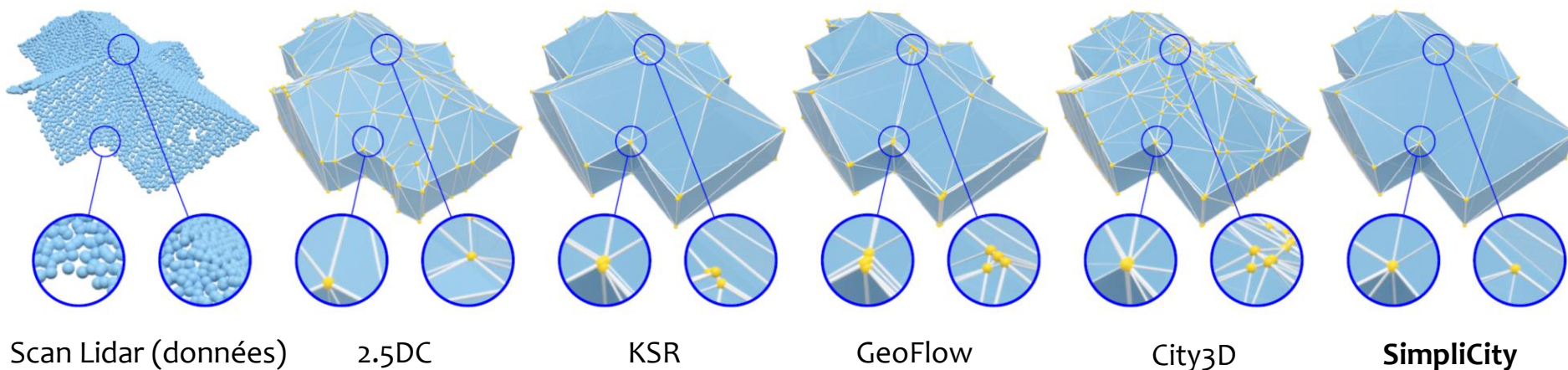
500 polyèdres convexes



250 polyèdres convexes

SimpliCity (2024)

Simplifier les arrangements une fois construits



2.5DC Qian-Yi Zhou and Ulrich Neumann. 2.5 d dual contouring: A robust approach to creating building models from aerial lidar point clouds. In ECCV 2010

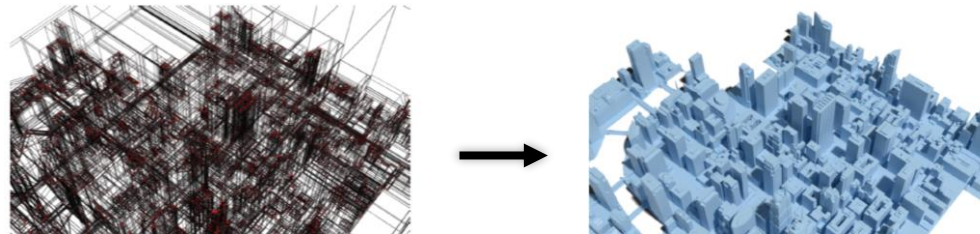
KSR Jean-Philippe Bauchet and Florent Lafarge. Kinetic shape reconstruction. Trans. on Graphics, 39(5), 2020

GeoFlow Ravi Peters, Balazs Dukai, Stelios Vitalis, Jordi van Liempt, and Jantien Stoter. Automated 3D Reconstruction of LoD2 and LoD1 Models for All 10 Million Buildings of the Netherlands. Photogrammetric Engineering and Remote Sensing, 88 (3), 2022

City3D Jin Huang, Jantien Stoter, Ravi Peters, and Liangliang Nan. City3d: Large-scale building reconstruction from airborne lidar point clouds. Remote Sensing, 14(9), 2022

Et le deep learning ?

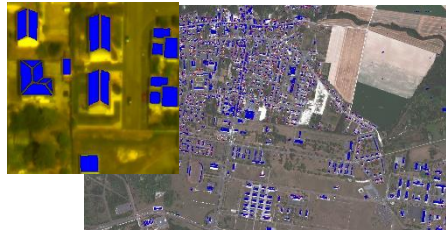
Incontournable : prédiction de l'occupation spatiale des objets (eg NeRFs, 3D Gaussian Spatting)



Intéressant : détection de formes planaires dans des conditions difficiles, e.g. imagerie satellitaire mono-vue



donnée

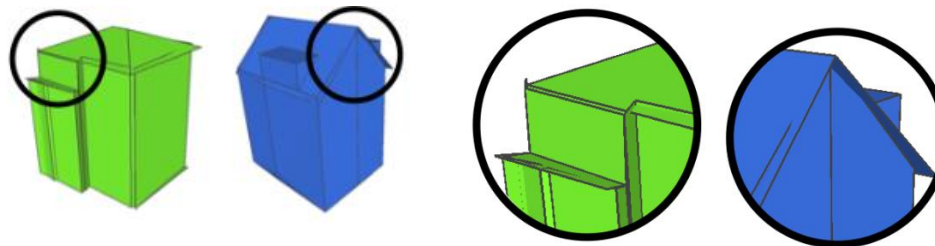


Segmentation des sections de toits



Estimation 3D des sections

Incertain : reconstruction de maillages compacts par des approches end-to-end



Merci pour votre attention

