

Reconstruction automatique de contours de toits en 3D à l'aide du Frame Field Learning

Célestin Huet

IGN/DSI/SIMV/DAI

18 mars 2025





Figure – Prédications d'un même bâtiment sur six images orientées



Figure – Prédications d'un même bâtiment sur six images orientées

Démarche

- Apparier les segments issus de prédictions différentes représentant un même bord de toit
- Calculer la position du bord de toit

Lissage des géométries

- Un segment = un bord de toit
- On fusionne deux segments consécutifs si leur produit scalaire est supérieur à 0.99

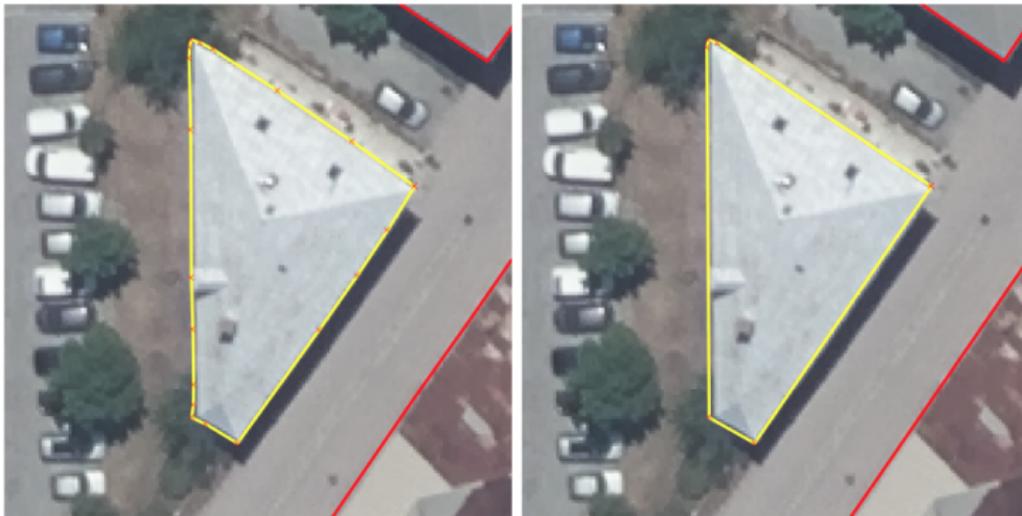


Figure – Lissage des géométries

Association des bâtiments

- Les prédictions FFL sont projetées sur un modèle numérique de terrain (MNT)



Figure – Une couleur par prédictions sur une image orientée

Association des bâtiments

- Dans chaque paire de prédictions, chaque bâtiment est associé avec le bâtiment de l'autre prédiction avec lequel il partage la plus grande surface
- Puis décomposition de l'ensemble des bâtiments en composantes connexes



Figure – Une couleur par groupe de bâtiments

Estimation de la hauteur des bâtiments

- A cause du dévers, la distance entre les projections sur MNT des bords de toits issus de différentes projections peut être de plusieurs mètres
- L'idéal serait de projeter chaque bâtiment sur l'altitude $MNT + \text{hauteur du bâtiment}$



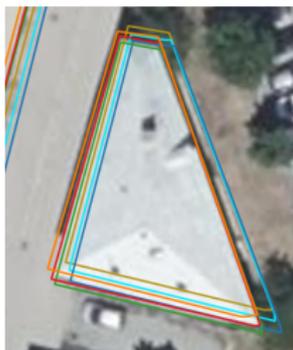
Figure – Une couleur par prédiction

Estimation de la hauteur des bâtiments

Méthode 1 : on constate que la géométrie d'un bâtiment est semblable sur les différentes prédictions. Calcul d'un score de ressemblance entre deux prédictions :

- ratio de la surface
- différence du nombre de sommets
- erreur géométrique

Si le score est inférieur à un certain seuil, on considère l'estimation de la hauteur fiable



Estimation de la hauteur des bâtiments

La hauteur du bâtiment est obtenu en appliquant le théorème de Thalès

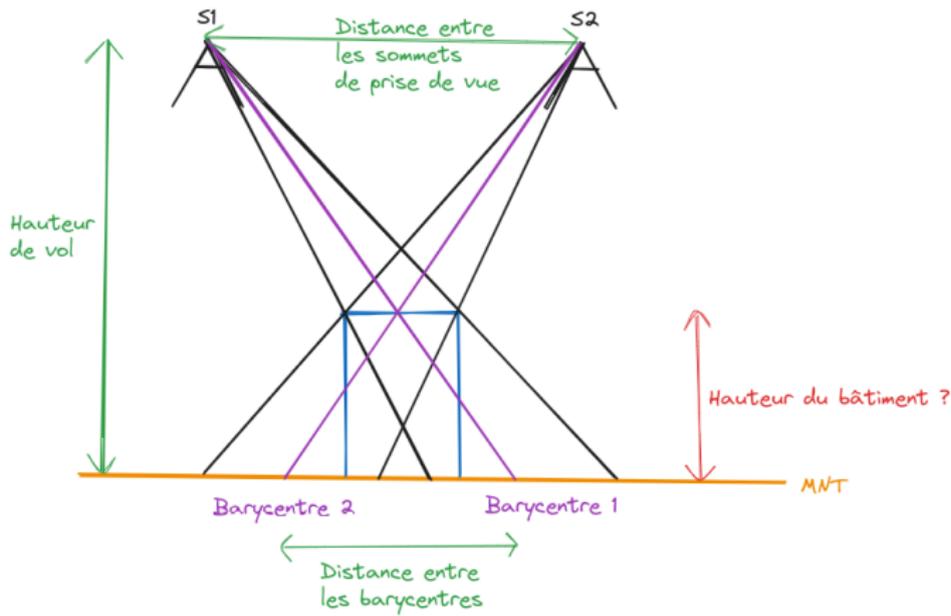
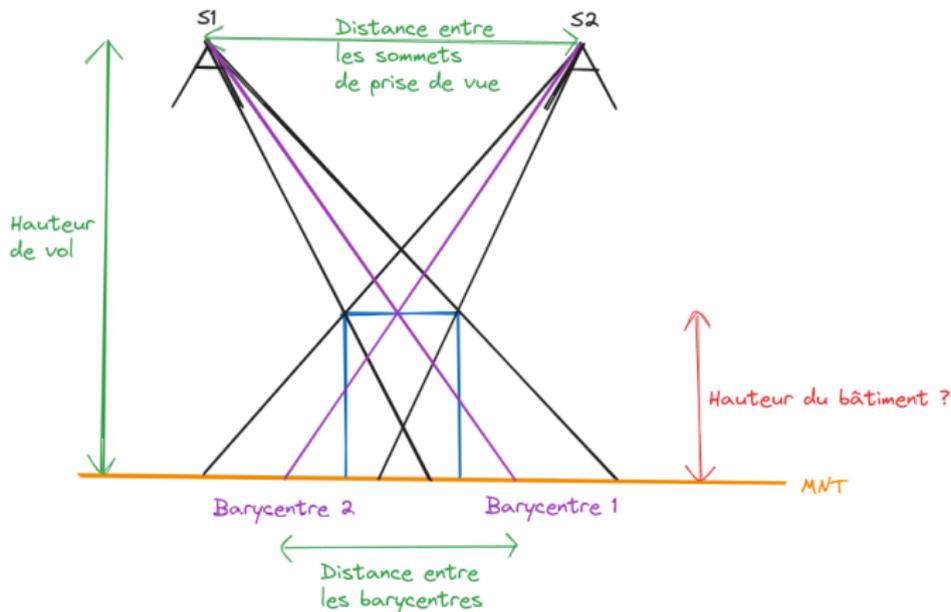


Figure – Calcul de la hauteur du bâtiment

Estimation de la hauteur des bâtiments

- Dans un monde merveilleux, S_1 , S_2 et les deux barycentres appartiennent au même plan
- L'erreur géométrique est la distance du barycentre 1 au plan formé par (S_1, S_2, B_2)



Estimation de la hauteur des bâtiments

- Méthode rapide
- Mais peu robuste pour des cas complexes



Estimation de la hauteur des bâtiments

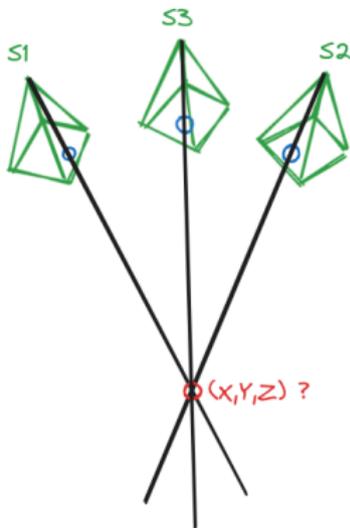
Méthode 2 : on calcule l'altitude d'un point à 2 mètres du bord de toit

- on sélectionne un point sur une des images à 2 mètres du bord de toit
- par corrélation, on trouve la position du point sur toutes les images orientées



Estimation de la hauteur des bâtiments

- par intersection de faisceaux, on récupère les coordonnées 3D du point
- en mesure de qualité, on dispose du nombre de faisceaux utilisés et du résidu



Estimation de la hauteur des bâtiments

On projette les bâtiments sur MNT + hauteur du bâtiment



Appariement des bords de toit

Deux segments sont appariés si :

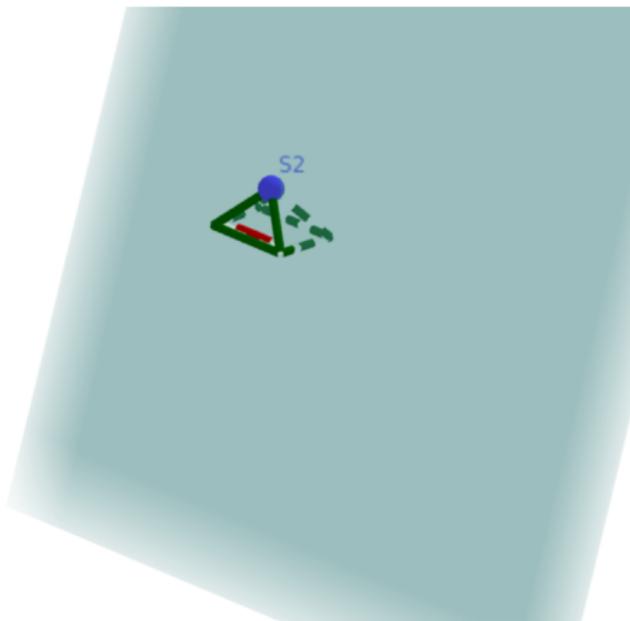
- ils appartiennent au même groupe de bâtiments
- ils ont la même orientation : produit scalaire ≥ 0.98
- ils sont proches : la distance du barycentre de l'un est à moins de 1.5 m de l'autre



Calcul de la position du bord de toit

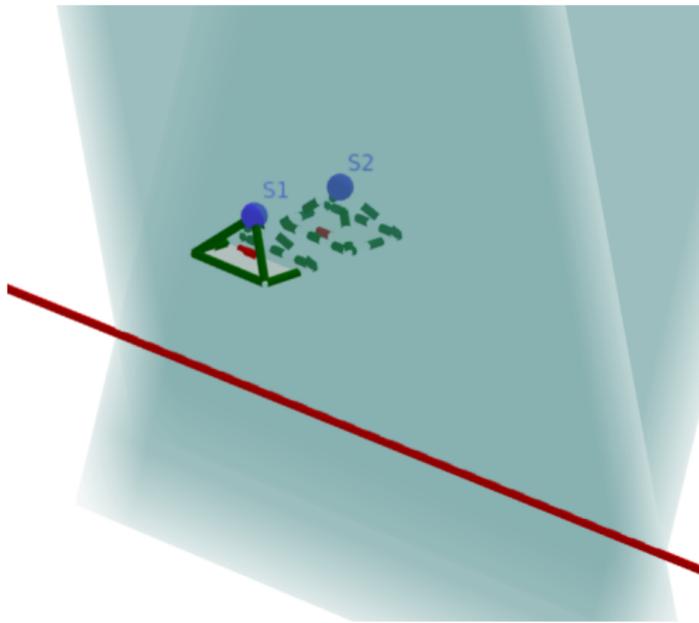
Pour chaque segment, on peut tracer un plan passant :

- par le sommet de prise de vue
- par le segment



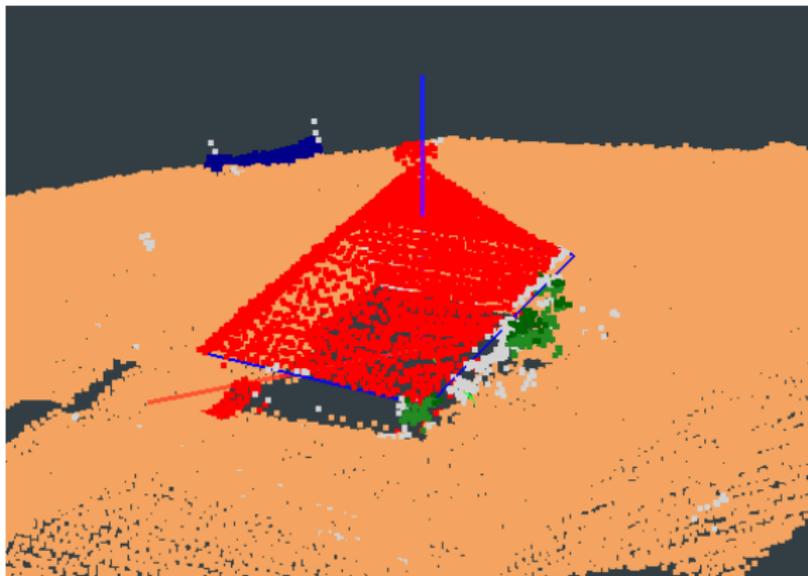
Calcul de la position du bord de toit

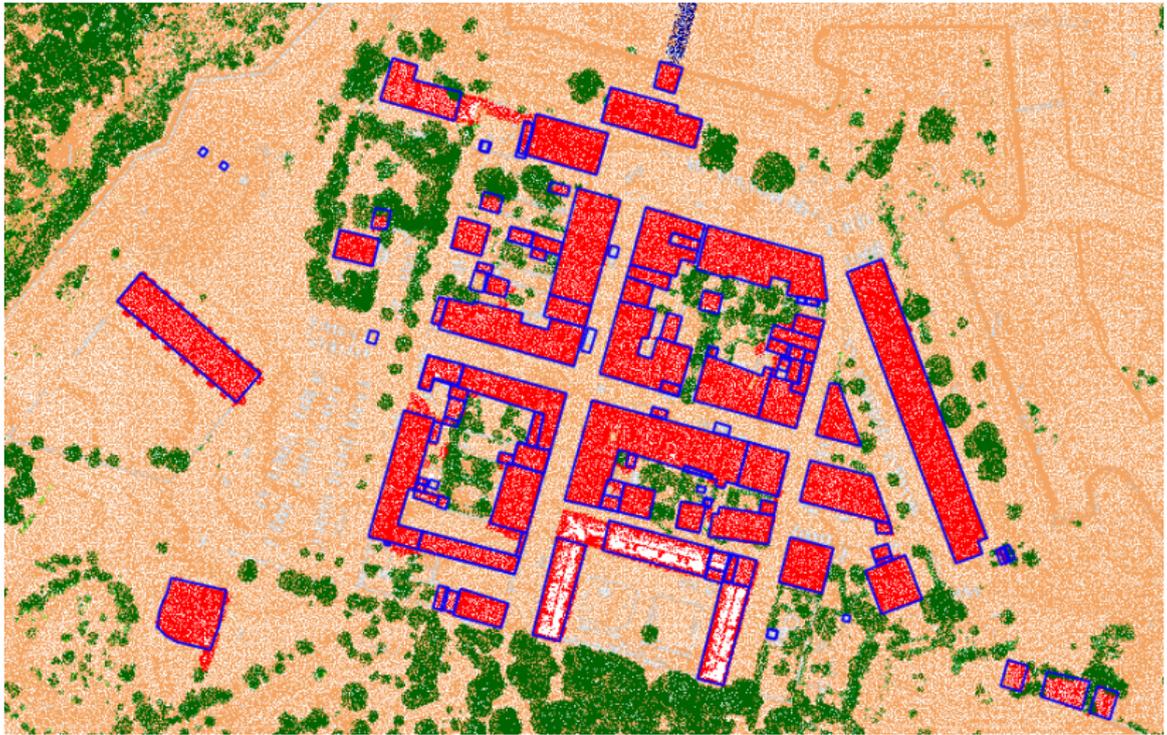
- Par moindres carrés, on détermine l'intersection des plans
- On supprime les segments les plus faux
- Si le calcul échoue, on projette le segment sur l'altitude des segments voisins

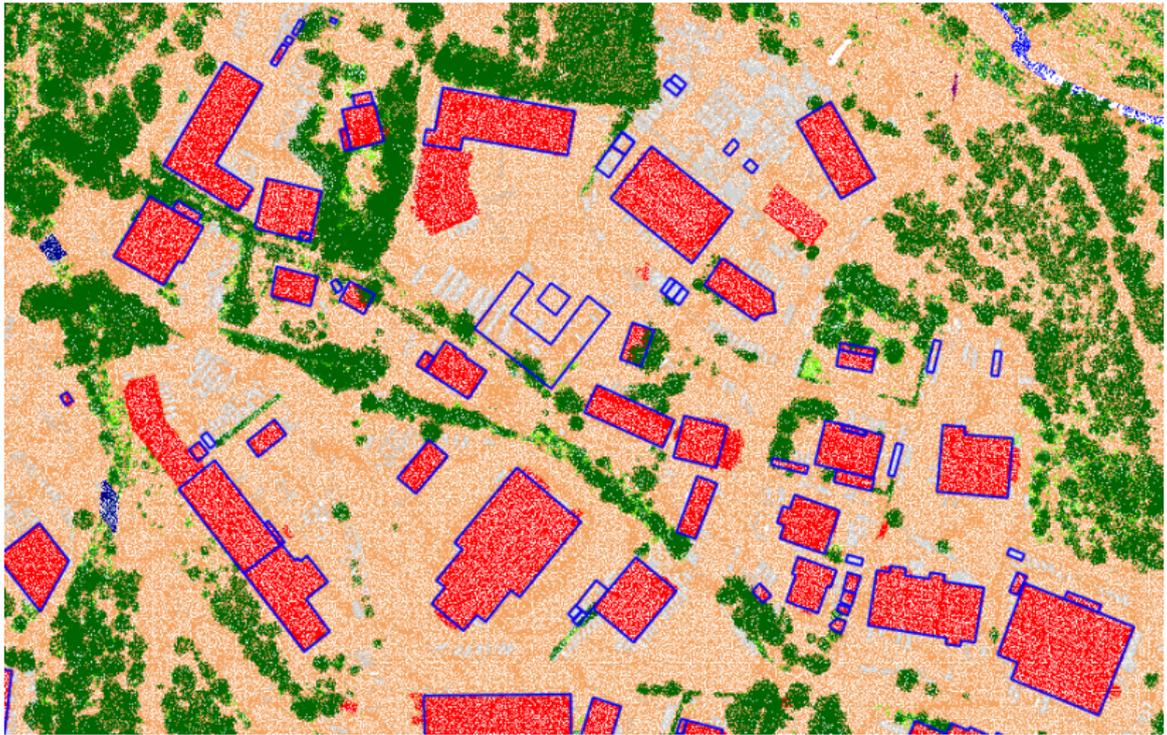


Fermer les bâtiments

- On conserve, pour chaque groupe de segments, les segments voisins
- Pour deux bords de toits voisins, on calcule la pseudo-intersection







Méthode	nb de bâtiments
Estimation rapide	44
Estimation lente	11
Echec	30

Table – Nombre d'utilisation de chaque méthode pour estimer la hauteur des bâtiments à Mont-Dauphin



Nb de segments	Nb de groupes de segments	d mean (m)
échec	12	-
2	133	0.01
3	126	0.11
4	169	0.13
5	120	0.15
6	64	0.16
≥ 7	43	0.29

Table – Distance moyenne entre le bord de toit calculé et les plans en fonction du nombre de segments

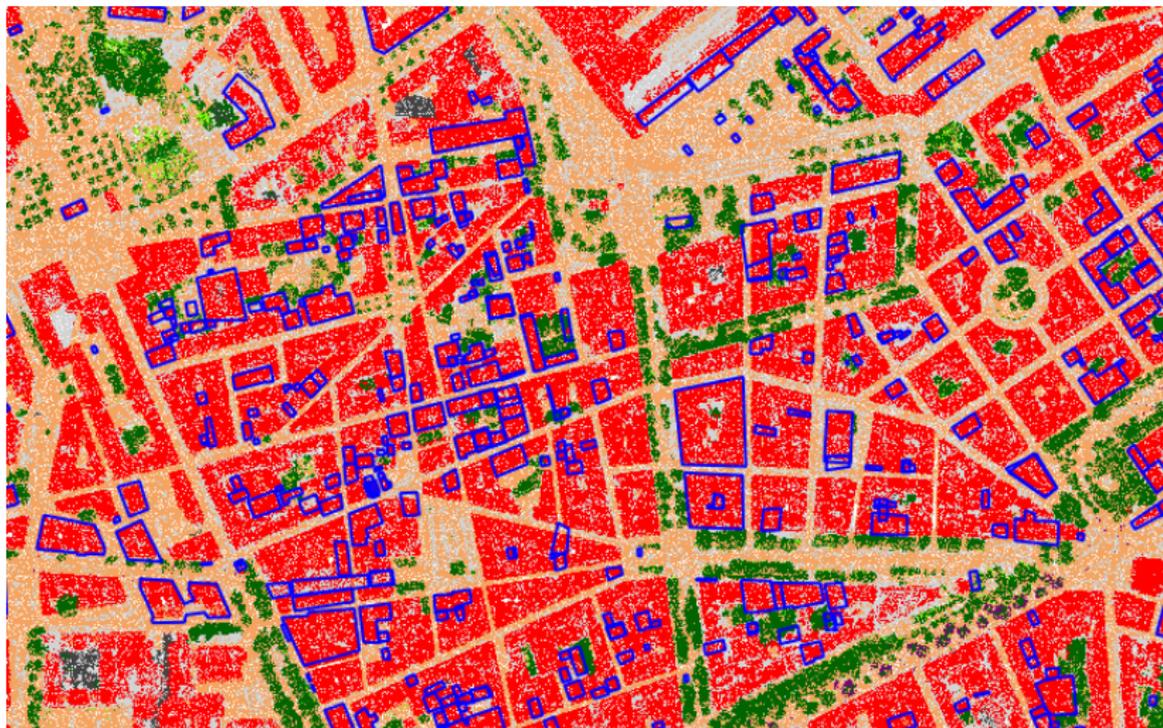
Méthode	Nb de bâtiments
Sans projection	51
Avec projection	3
Echec	31

Table – Nombre d'utilisation de chaque méthode pour fermer un bâtiment



Quelques limites

Beaucoup de bâtiments non trouvés en zones urbaines denses



-  Adimoolam, Y. K., Poullis, C., and Averkiou, M. (2024). Pix2poly : A sequence prediction method for end-to-end polygonal building footprint extraction from remote sensing imagery.
-  Girard, N., Smirnov, D., Solomon, J., and Tarabalka, Y. (2021). Polygonal building extraction by frame field learning. *In Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition (CVPR)*, pages 5891–5900.