

MODÉLISATION GÉOMÉTRIQUE DE SCÈNES URBAINES AVEC LE FORMALISME LOD2 À PARTIR D'IMAGES SATELLITES

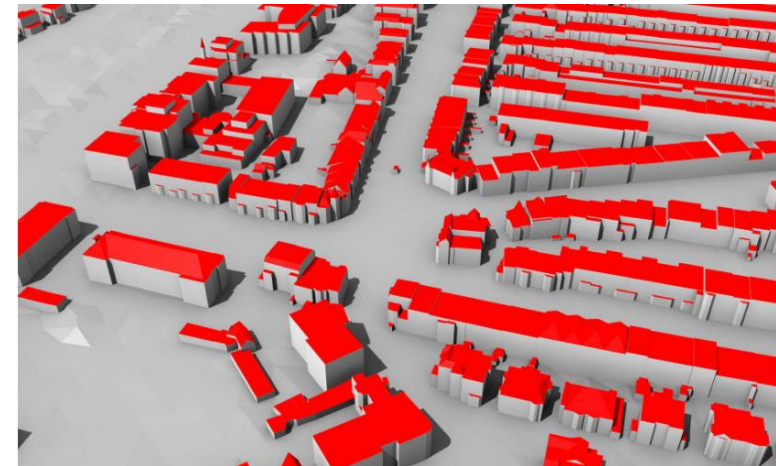
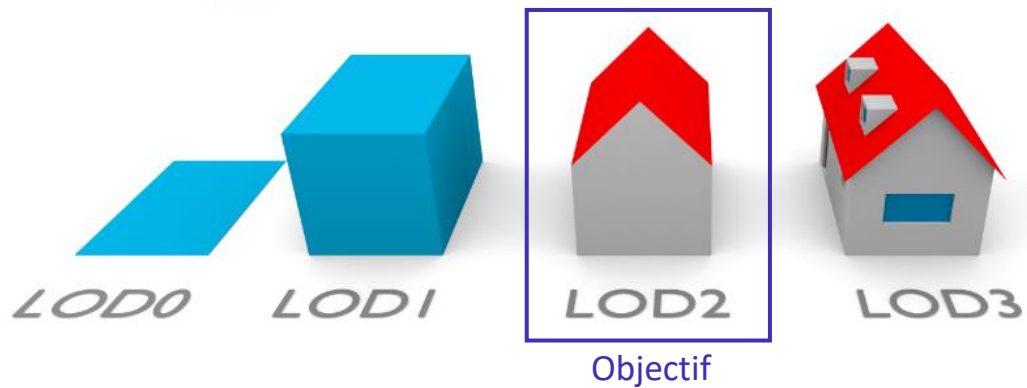
Directeur de thèse : Florent Lafarge (INRIA)
Responsable CNES : David Youssefi

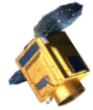
MARION BOYER
26/11/2024

- Demande croissante de modèles 3D (simulation, urbanisme...)
- Satellite : meilleure couverture, fréquence et coût

Objectif : reconstruction en niveau de détail LoD2

Levels of Details (LoDs) :





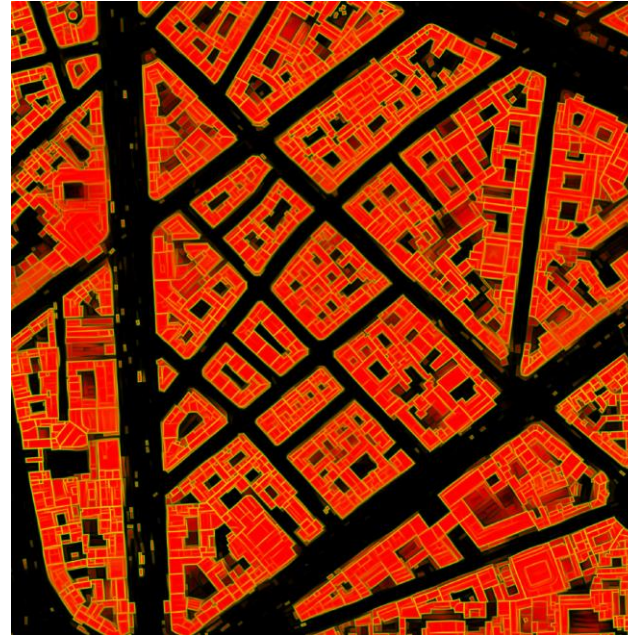
- Images Pléiades Neo





Résolution : 30 cm
1 bande panchromatique
6 bandes multispectrales

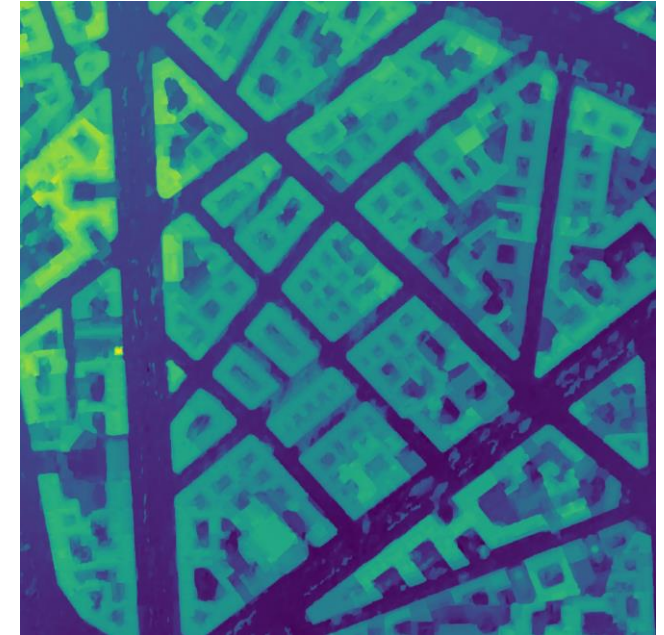
Paris


- Informations sémantiques



 Bâtiments
 Bords de bâtiments

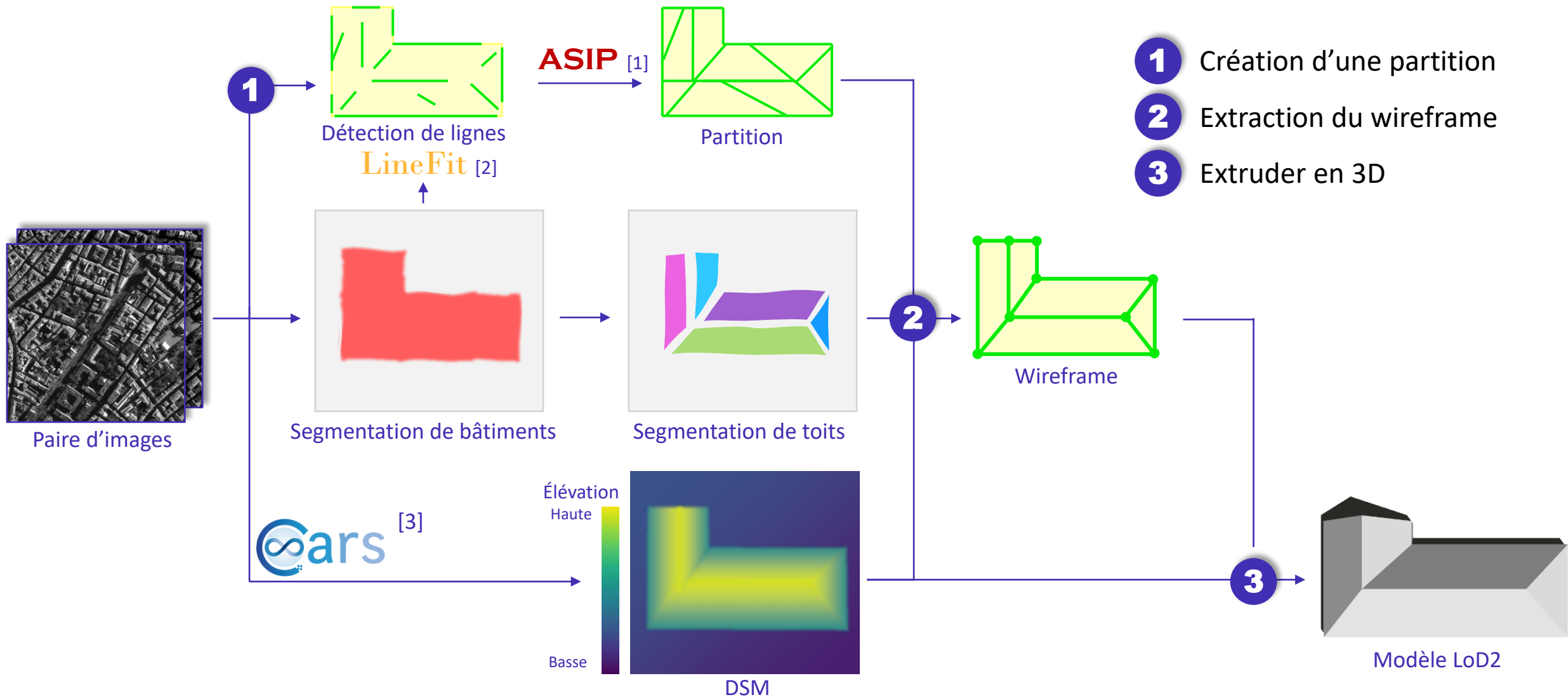
- Informations 3D



Basse  Haute
Élévation
Modèle Numérique de Surface (MNS)

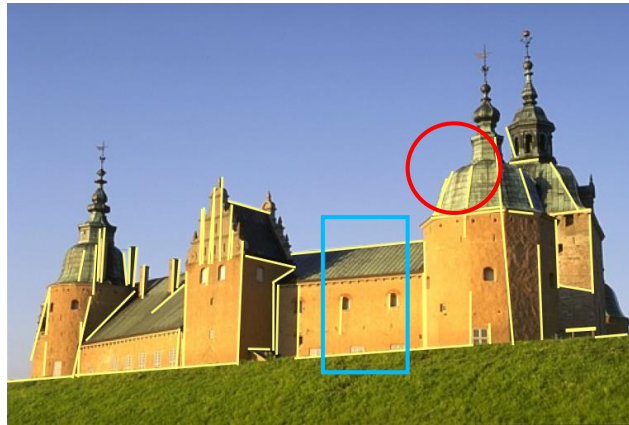
PIPELINE GÉNÉRAL

CHAÎNE DE RECONSTRUCTION 3D

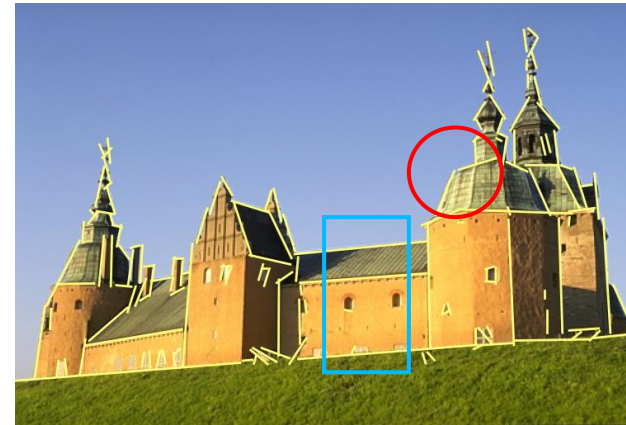


→ Détecter des segments de droites dans les images

- Structures **linéaires**
- Formes **courbes**



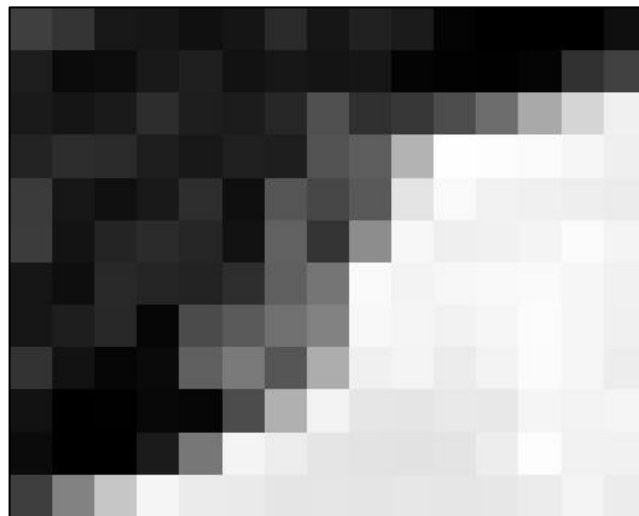
DeepLSD [1]



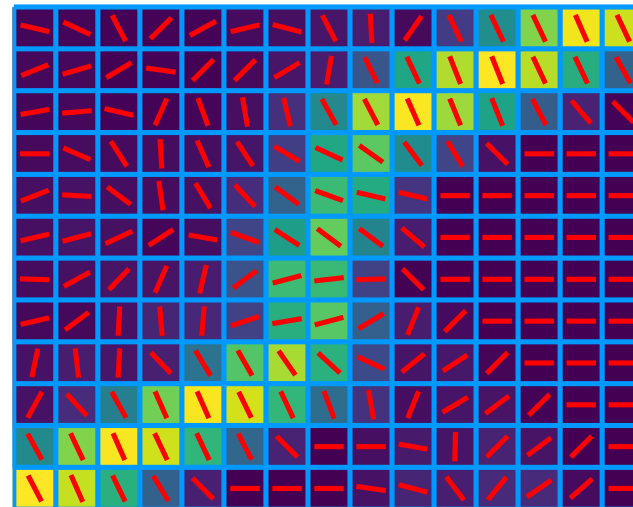
Ours (LineFit)

→ Problème d'optimisation : on veut trouver la meilleure configuration de lignes par rapport aux données utilisées

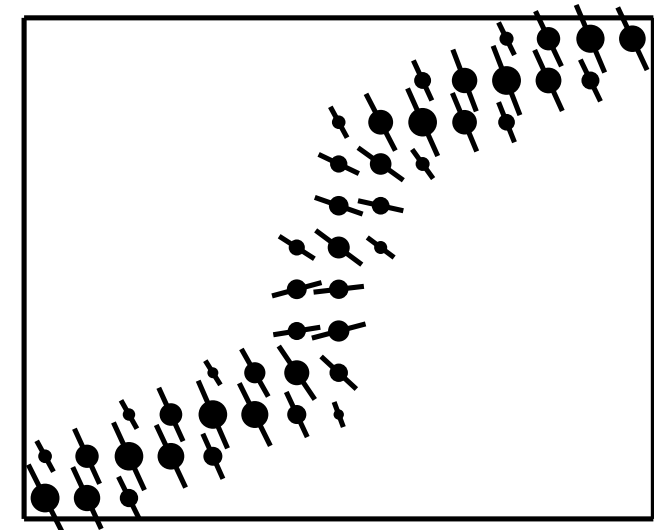
→ Ensemble des points dont les coordonnées sont les centres des pixels d'intérêt.



Image



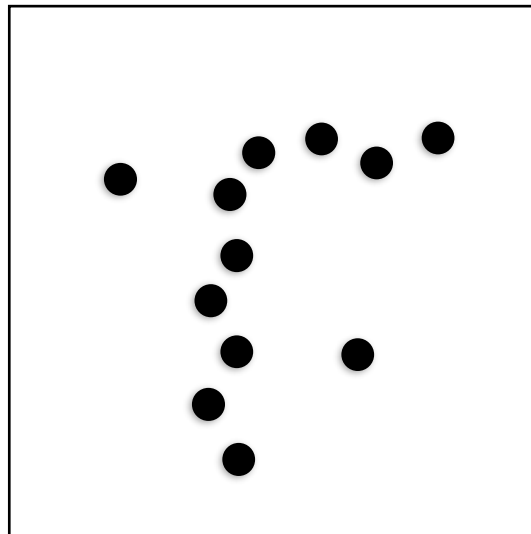
Gradient



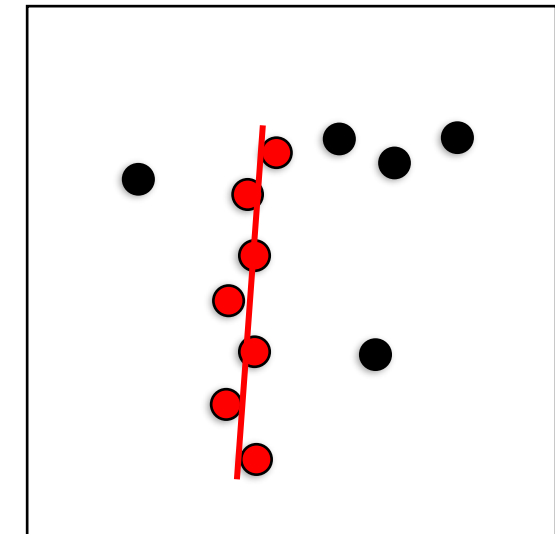
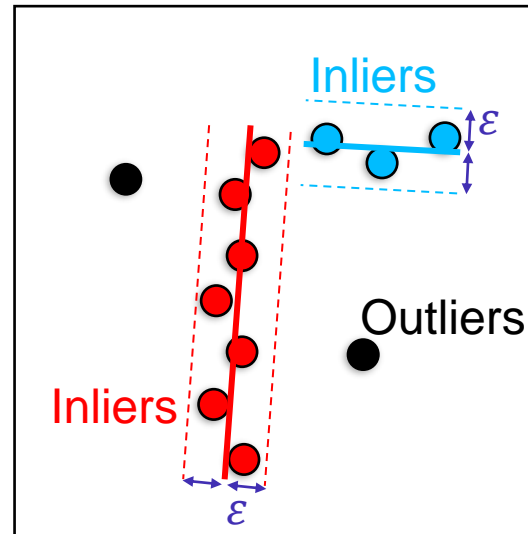
Nuage de points 2D

ASSOCIATION POINTS/LIGNES

- Association des points à une ligne
 - **Inlier** si associé
 - **Outlier** sinon
- Critères d'association :
 - Distance maximum à la ligne de ϵ
 - Nombre minimum d'inliers σ pour une ligne

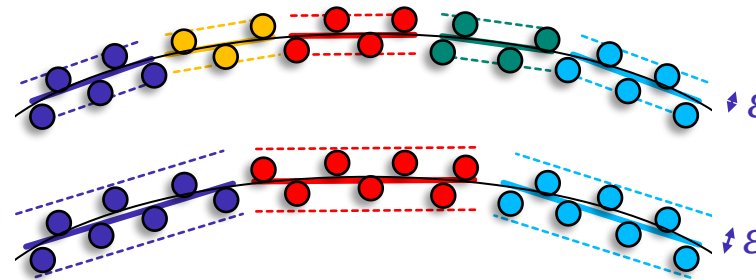


Nuage de points 2D

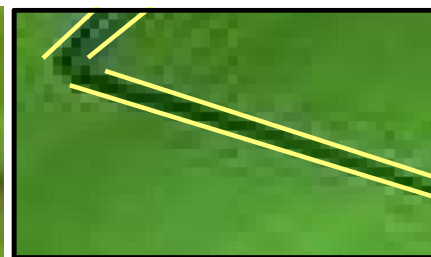


$\sigma = 5$

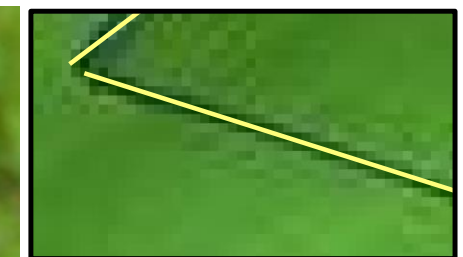
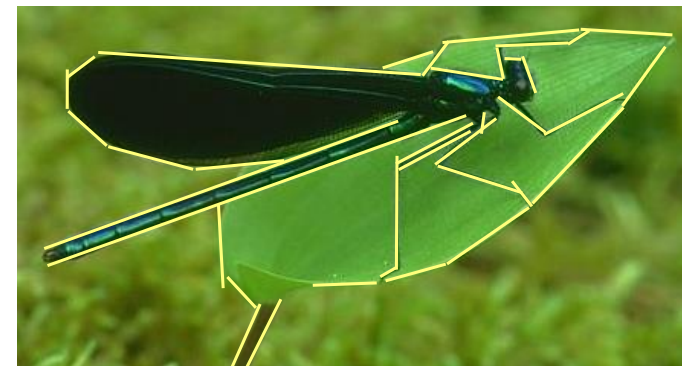
- ϵ contrôle le niveau d'approximation des formes courbes



- La paire (ϵ, σ) définit le niveau de détail de la détection de lignes



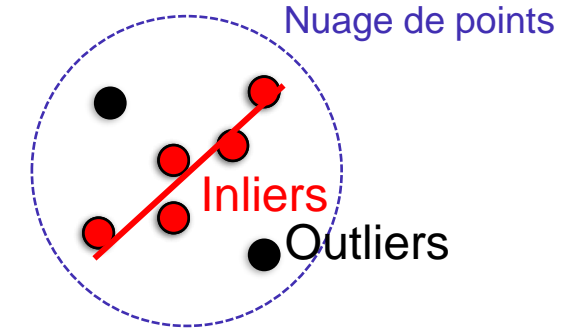
$\epsilon = 2, \sigma = 10$



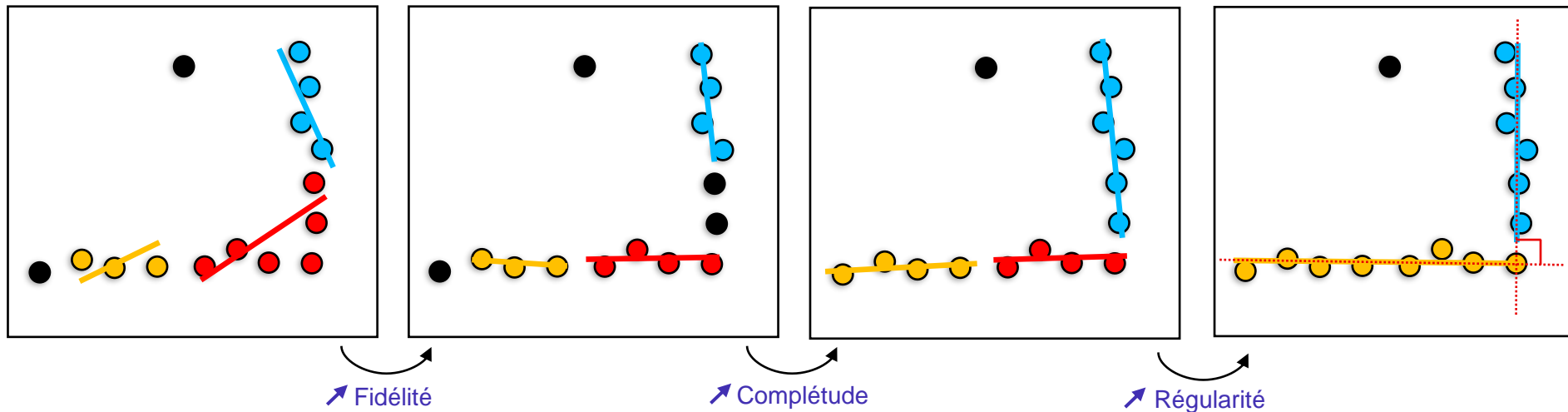
$\epsilon = 7, \sigma = 30$

Qu'est ce qu'une bonne configuration ?

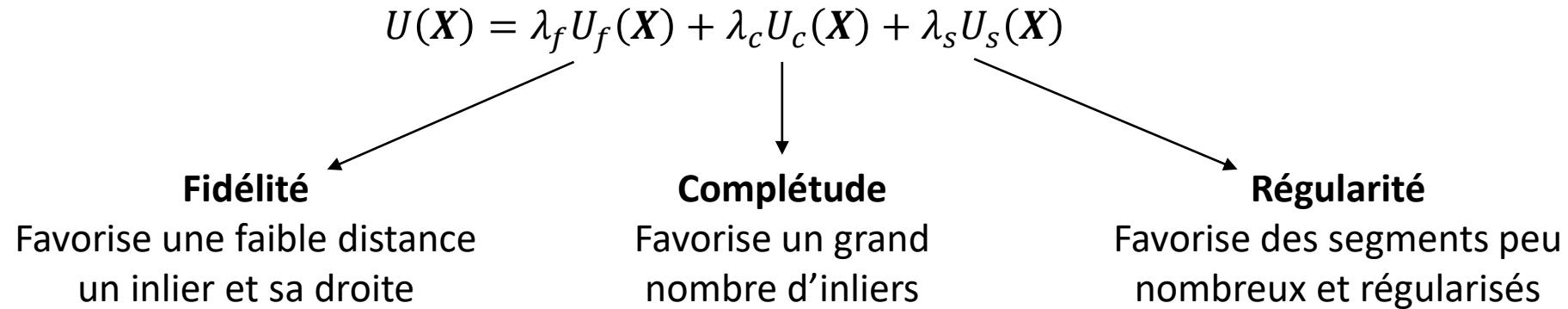
- **Fidélité** : minimiser la distance entre les inliers et les droites
- **Complétude** : maximiser nombre d'inliers total
- **Régularité** : minimiser le nombre de segments et encourager le parallélisme, l'orthogonalité et la colinéarité des segments



→ Compromis entre ces trois objectifs



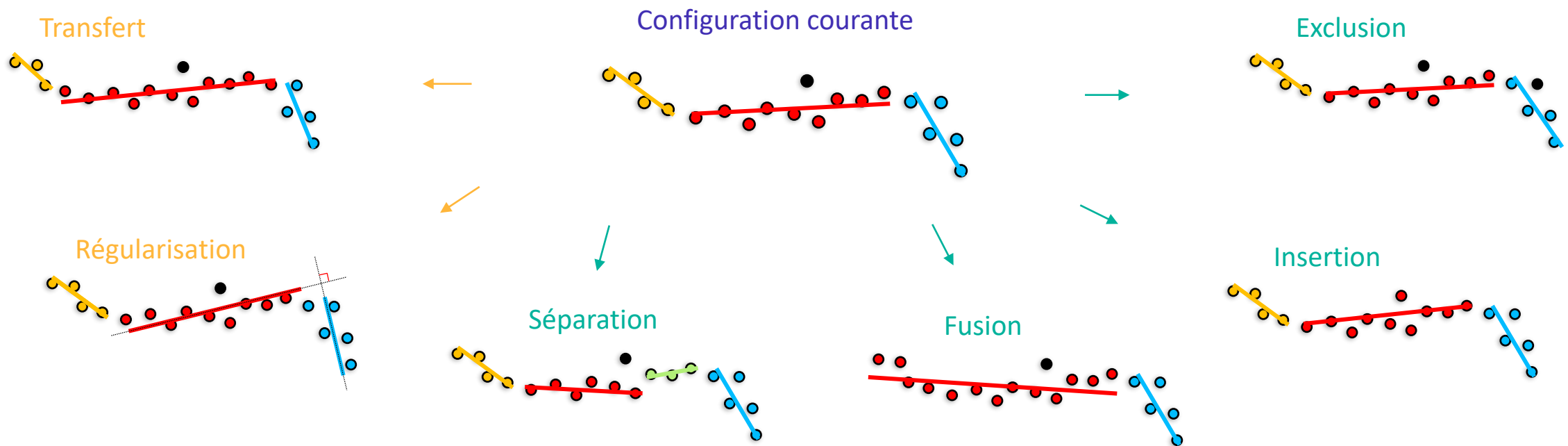
- Mesure de la qualité de la configuration $\mathbf{X} = (\mathbf{s}, \mathbf{l})$ avec l'énergie U :



Avec \mathbf{s} : variable continue, équations des droites

\mathbf{l} : variable discrète, labels inlier/outlier

- Départ : configuration initiale
- Mécanisme d'exploration : on applique itérativement l'opérateur géométrique qui décroît le plus l'énergie.
 - Opérateurs locaux : modifie un ou deux segments
 - Opérateurs globaux : toute la configuration peut être modifiée



- Mesures utilisées :

Précision (AP)

Proportion de bonnes détections
parmi toutes détections

Recall (AR)

Proportion de bonnes détections
par rapport à la vérité terrain

F-score (AF)

Moyenne (harmonique)
entre Precision et Recall

Degré de liberté (DoF)

Nombre de degré de liberté
dans la configuration

- Datasets :

- Structures linéaires



YorkUrban [1],[2]

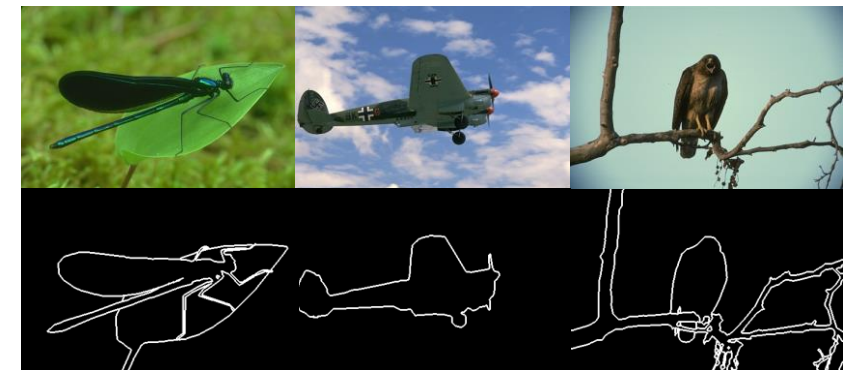


RoofSat

- 550 images, 550x550
- 11 images PléiadesNeo,
30cm de résolution
- 5650 bâtiments individuels,
148 blocs de bâtiments

- Formes courbes

BSDS500 [3]



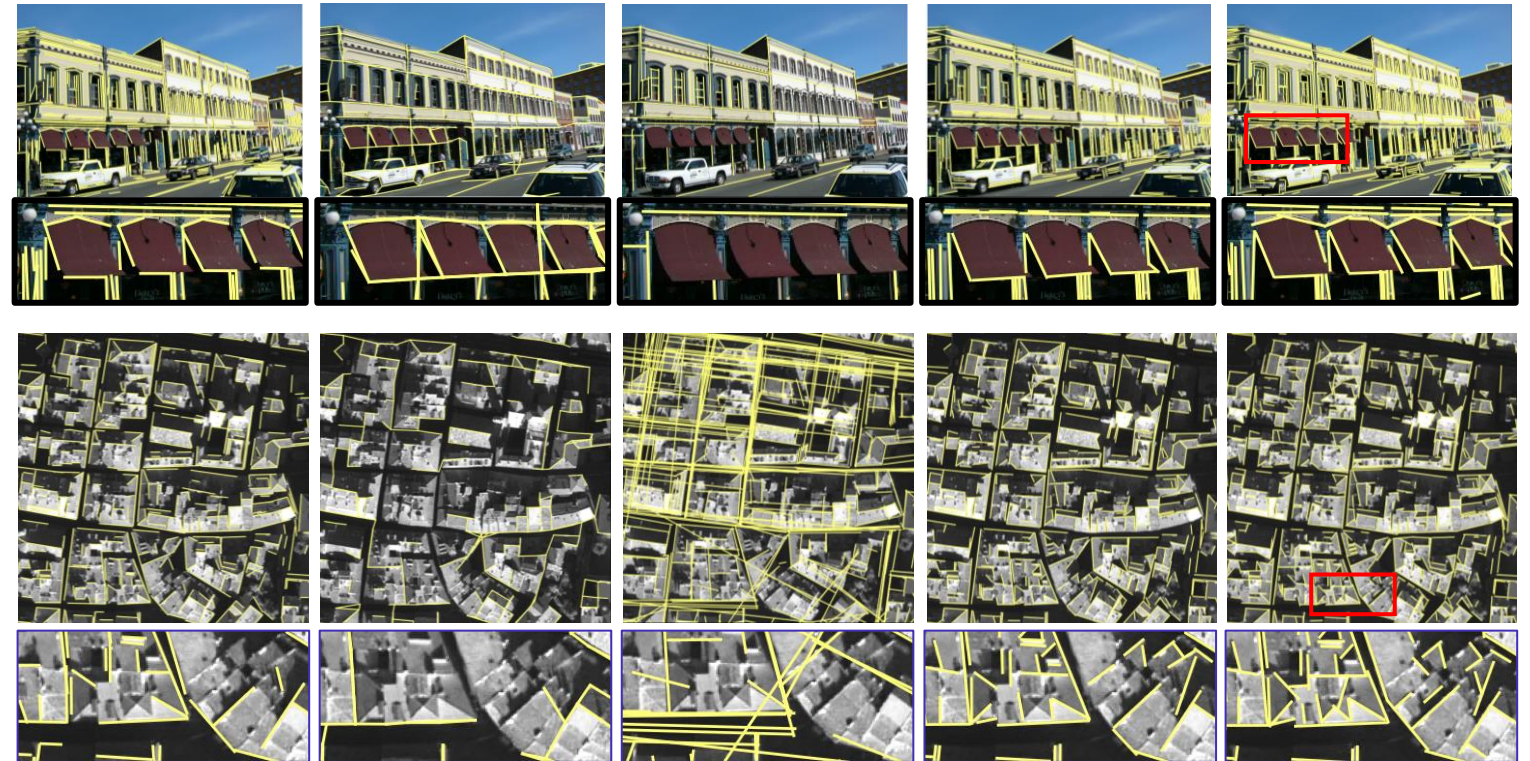
- Structure linéaires

	YorkUrban					
	ELSEED	HAWP	LETR	DeepLSD	Ours	Ours*
AP(↑)	48,2	39,2	41,3	51,0	52,0	<u>51,3</u>
AR(↑)	39,8	17,6	<u>40,4</u>	40,2	41,5	40,2
AF(↑)	42,7	23,5	39,7	<u>44,6</u>	45,7	44,5
DoF(↓)	82,8	90,5	83,9	<u>79,9</u>	81,1	47,1
#lines	374	227	357	354	388	414

	RoofSat					
	ELSEED	HAWP	LETR	DeepLSD	Ours	Ours*
AP(↑)	39,1	<u>45,4</u>	21,3	48,9	42,1	41,8
AR(↑)	<u>38,2</u>	31,2	30,0	34,4	39,0	36,8
AF(↑)	35,2	35,4	18,2	36,3	37,9	<u>36,4</u>
DoF(↓)	<u>95,6</u>	96,8	96,1	96,6	96,2	57,8
#lines	282	227	228	196	297	288

*Avec régularisation

- Meilleur Recall grâce au critère de complétude
- Bonne précision
- F-score compétitif
- Régularité réduit nombre de degré de liberté mais dégrade légèrement le Recall et la Précision



ELSEED [1]

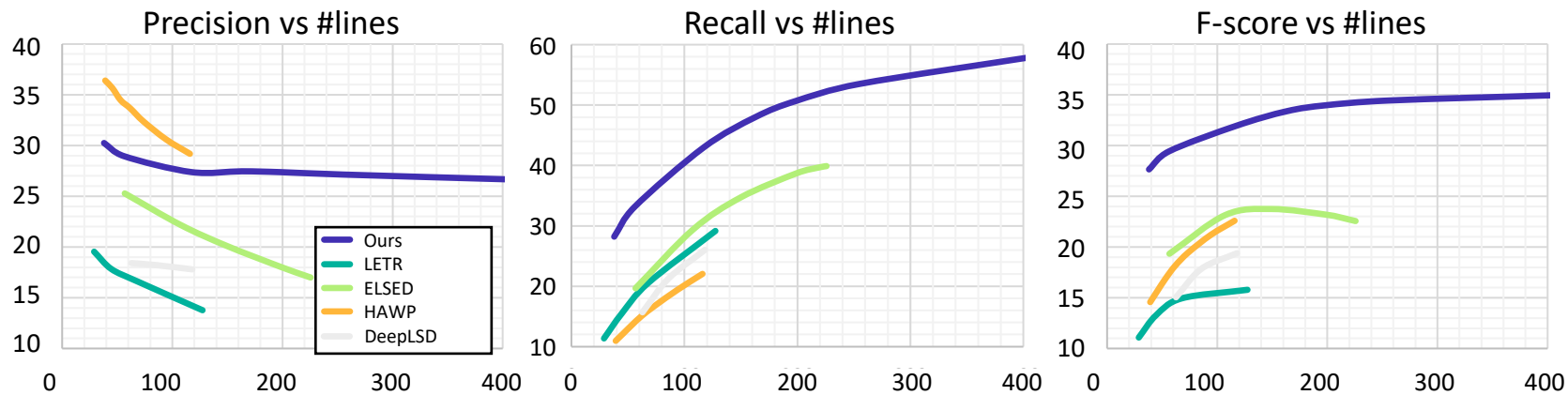
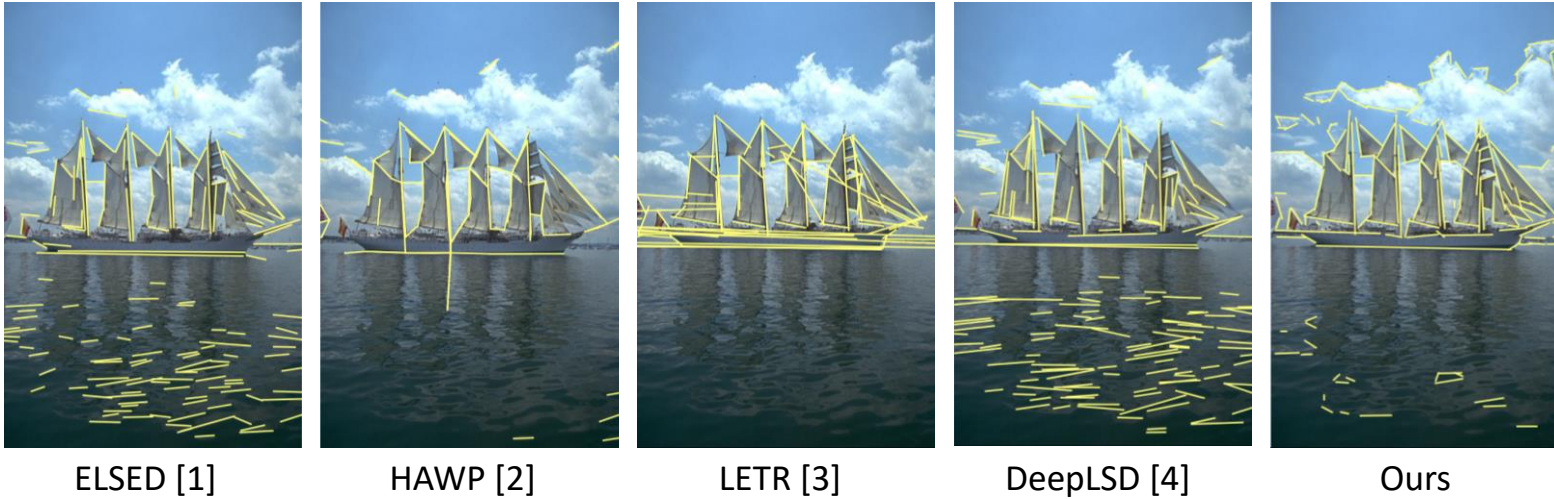
HAWP [2]

LETR [3]

DeepLSD [4]

Ours

- Formes courbes



- Pas de régularité
- Meilleurs résultats pour chaque métrique
- Grande variation du nombre de segment grâce aux critère de fitting (ϵ, σ)

APPLICATION DE LINEFIT

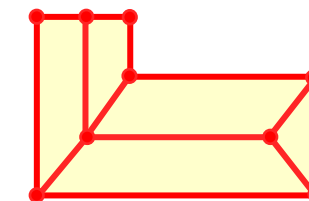
DÉTECTION DE LIGNES



Détection de lignes

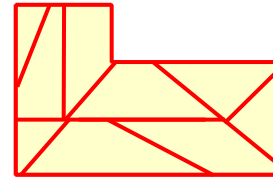


Partition



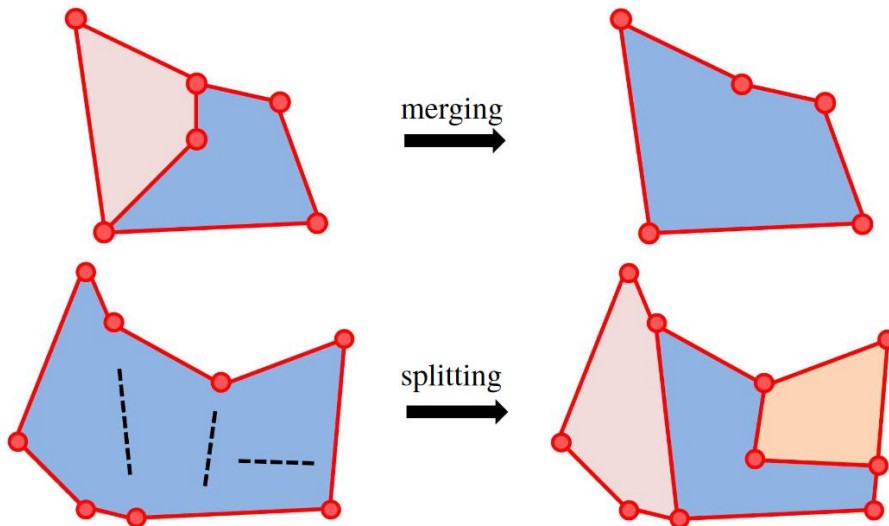
Wireframe

→ Associer un plan à chaque face de la partition



Partition

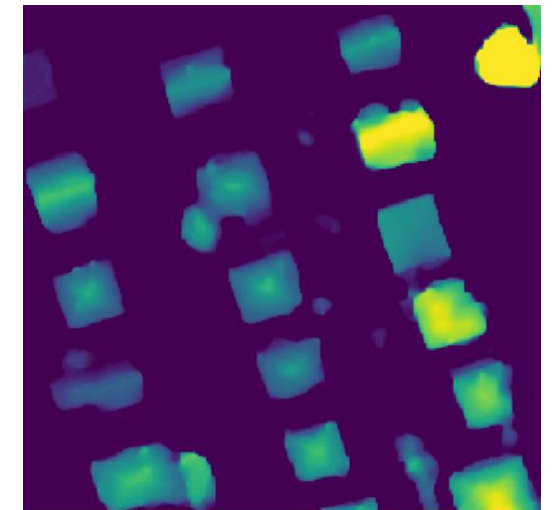
→ Utiliser des opérateurs pour modifier la partition



→ Utiliser les informations de la carte de segmentation de toits et du DSM pour être fidèle aux deux



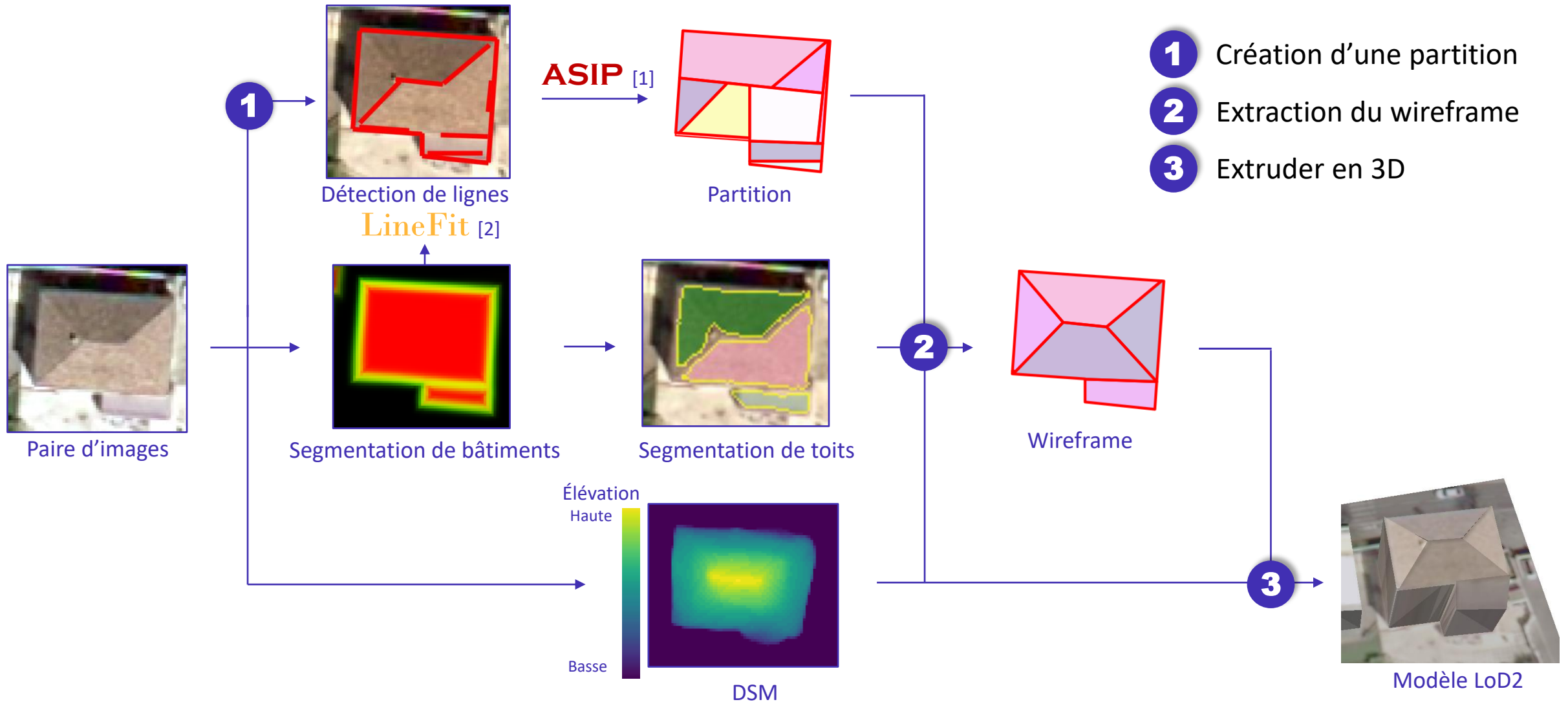
Segmentation de toits



DSM

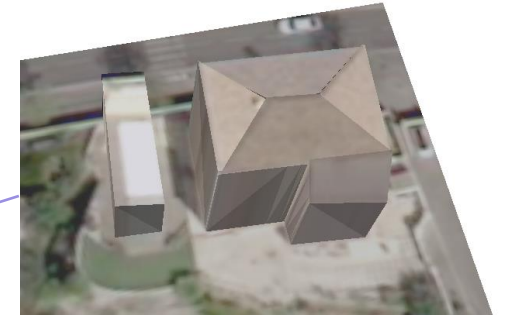
PIPELINE GÉNÉRAL

CHAÎNE DE RECONSTRUCTION 3D



RÉSULTATS PRÉLIMINAIRES LOD2

CONCLUSION



- Détection de lignes
 - LineFit : optimisation d'énergie et mécanisme d'exploration
 - RoofSat : dataset de lignes par images satellite
 - Article ECCV2024
- Wireframe
 - Fidélité au DSM et à la segmentation de toits
 - Raffiner les partition en utilisant des opérateurs de regroupement/séparation



LineFit software and
RoofSat dataset

MERCI



RÉPUBLIQUE
FRANÇAISE

*Liberté
Égalité
Fraternité*

