

Du nuage de points à la maquette numérique de bâtiment existant : un pas vers le BIM

Conférence « Géo information 3D » du 13 juin 2017, Olten, Suisse

Tania LANDES

Maitre de conférences
Spécialité Topographie
INSA Strasbourg (France)
24, boulevard de la Victoire
F - 67084 Strasbourg Cedex

tania.landes@insa-strasbourg.fr



INSA | INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
STRASBOURG

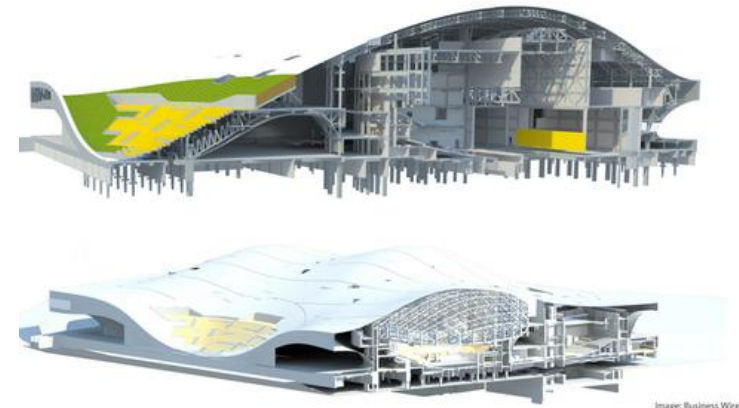
Sommaire

- Emergence du BIM et cheminement vers une thèse
- Du nuage de points vers la maquette : approche de traitement développée au sein de l'équipe
- Evaluation de l'approche
- Conclusion et perspectives

2 types de BIM

BIM « tel que conçu »

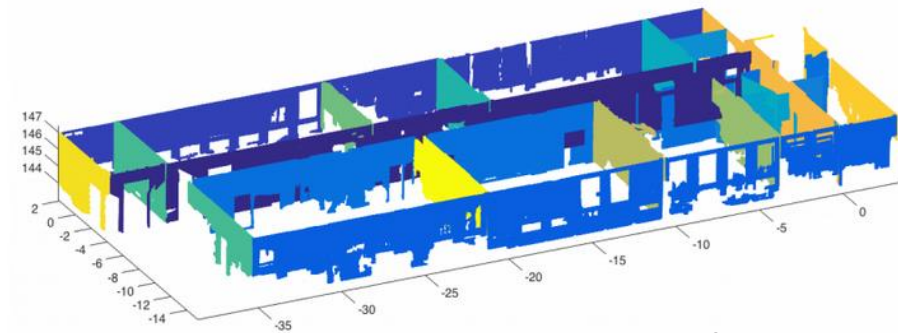
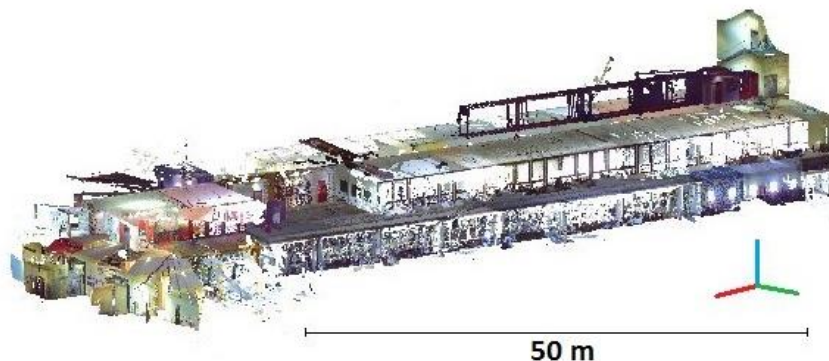
Maquette numérique créée à partir de plans de bureaux d'études ou architectes.



(villagebim.com)

BIM « tel que construit »

Maquette numérique à partir du levé de l'existant (rétro-conception).



Insa Strasbourg

Quel rôle pour le géomètre-expert ?

- En amont, **acquisition et diffusion** d'un modèle « tel que construit » fidèle à la réalité
- En aval, **exploitation et mise à jour** de la maquette numérique
- En tant qu'expert de la mesure, il pourrait également endosser le **rôle de garant** de la maquette numérique

→ **Thèse de doctorat** financée conjointement par l'ANRT et l'Ordre des Géomètres Experts, réalisée au sein de notre équipe, par **Hélène Macher** (fév. 2014- fév. 2017)
Directeur de thèse : Pierre Grussenmeyer
Co-encadrante : Tania Landes



BIM « tel que construit »

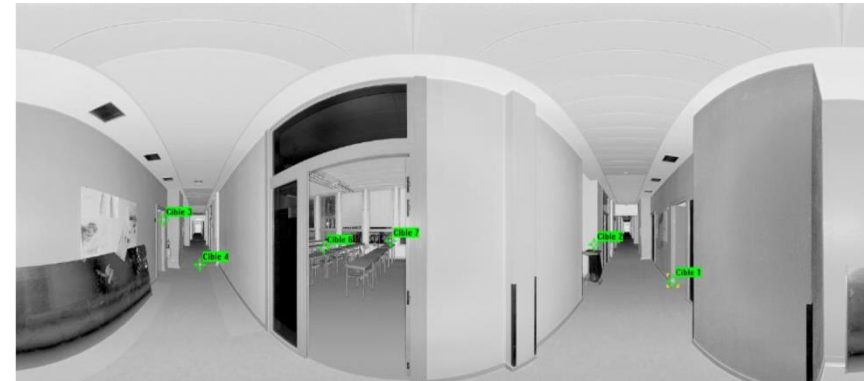
Acquisitions et traitements



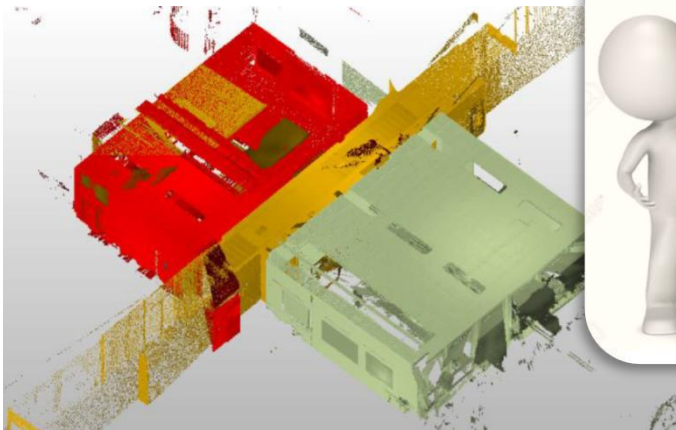
Focus 3D Faro (intérieur)



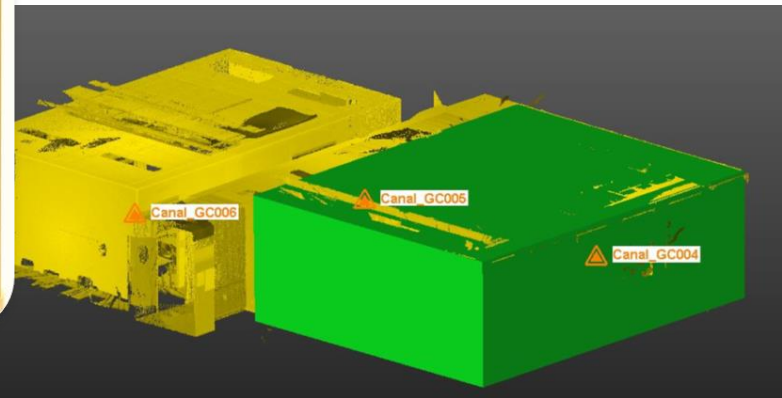
C10 Leica (extérieur)



Géoréférencement indirect (placement de cibles) ou direct



Consolidation des nuages (projet d'étudiants)



Modélisation 3D sur la base des nuages (projet d'étudiants)

Objectifs de nos travaux

Développement d'une **approche** permettant **d'automatiser** le passage du nuage de points à la **maquette numérique**, en vue d'intégrer le résultat dans un **logiciel de BIM**

Cela implique :

Trois tâches (Tang et al., 2010) :

- modéliser la **géométrie** des éléments du bâtiment
- assigner une **catégorie** d'objet et des propriétés matérielles à chaque élément
- établir les **relations** entre les éléments

De considérer des spécificités du nuage de points (Anil et al., 2011) :

- **Densité** du nuage
- Présence de **masques** (génère des occlusions)
- Information **sémantique** manquante

Enjeux de l'approche développée

Automatisation

- Reconstruction 3D « semi-automatique »

➔ Identifier les tâches automatisables

Transférabilité

- Garantir la généralisation de l'approche à d'autres sites tests

➔ Définir les bâtiments à considérer

Qualité

- Qualité géométrique de la maquette

➔ Intégrer des critères de qualité, outils d'inspection

Bâtiments considérés : 100 m² à > 1000 m², à activités tertiaires et bâtiments résidentiels, pas de bâtiments industriels ni historiques.

Approche développée (Thèse Macher, 2017)

Nuages de points
(d'intérieurs)

SEGMENTATION

1 – Segm. en sous-espaces

un nuage par pièce

2 – Segm. et classif. de segments plans

nuages des murs

nuages des sols et des plafonds

RECONSTRUCTION

3 – Reconstruction de murs et de dalles

4 – Recherche d'ouvertures

Fichier au format .ifc

Nuages de points des ouvertures

1. Segmentation en sous-espaces

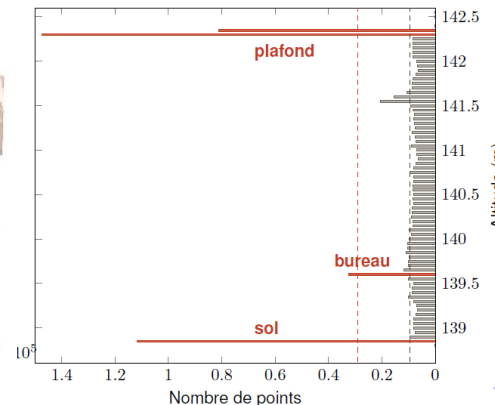
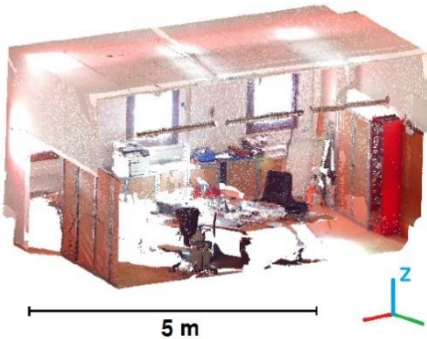
Segmentation
en étages

→
*n balayages
par étage*

Segmentation
en pièces

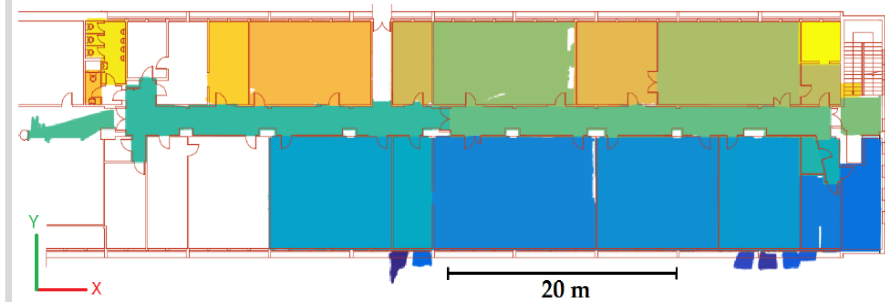
Seuils : s_{min} , h_{min} , v_{min} , t_{voxel}

- Nuages de points issus des différents balayages laser
- Détermination de l'**altitude au sol** à l'aide d'un **histogramme** de répartition des points selon Z
- Attribution d'un numéro **d'étage** à chaque nuage

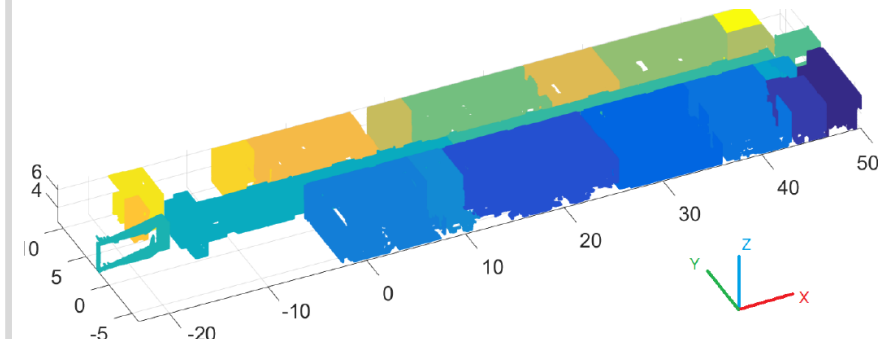


— distribution des points selon Z
 — éléments sélectionnés
 - - - fréquence d'occurrence moyenne (f_{moy})
 - - - f_{moy} + écart-type des fréq. d'occurrence

- Création d'une **image binaire** à partir d'une tranche des nuages au niveau des plafonds projetée sur un plan horizontal
- **Croissance de région** appliquée à l'image binaire



- Passage de **régions 2D** à des **régions 3D**



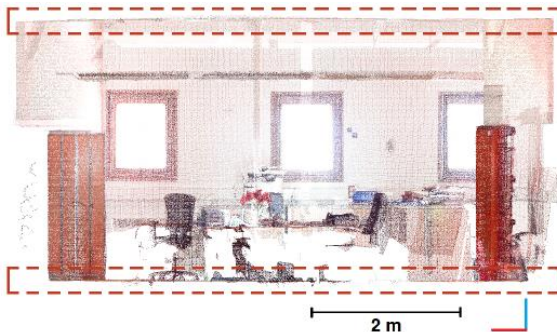
un nuage
par pièce →

2. Segmentation et classification de segments plans



Extraction des segments plans correspondant aux sols et aux plafonds

- Extraction des nuages de points grossiers du sol et du plafond



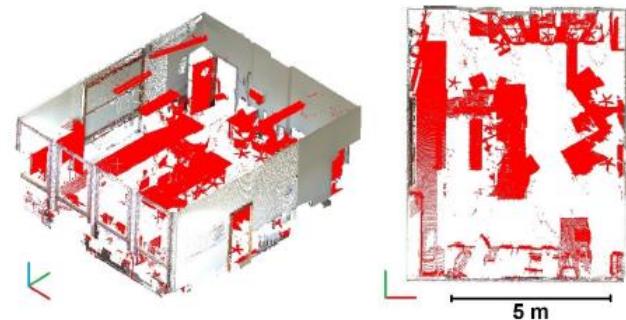
- Détermination de 2 plans
 - utilisation d'un critère d'horizontalité
 - stockage des 2 segments plans et des paramètres des plans

Extraction des segments plans décrivant les murs

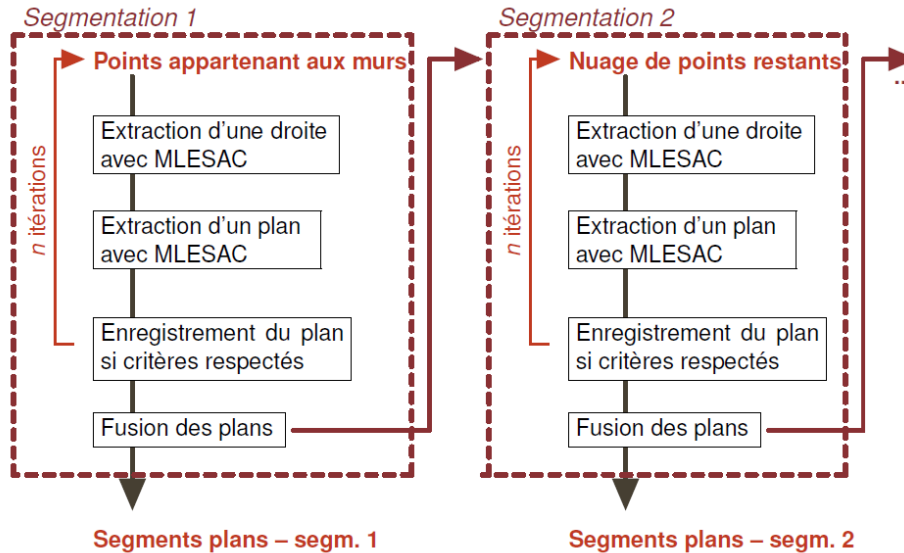
- Classification des points restants en 2 catégories :
 - murs
 - objets de la scène



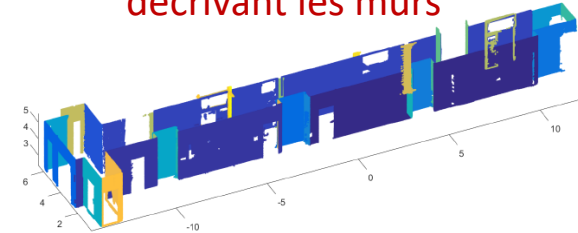
Nuage de points d'une pièce après extraction du sol et du plafond



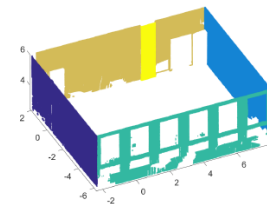
Résultat de la classification des points (objets en rouge)



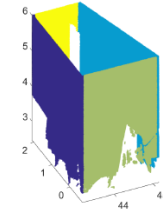
Extraction des segments plans décrivant les murs



Couloir - 9 segmentations successives, 34 segments plans



Salle de cours - 2 segmentations, 5 segments plans



Cagibi - 1 segmentation, 4 segments plans

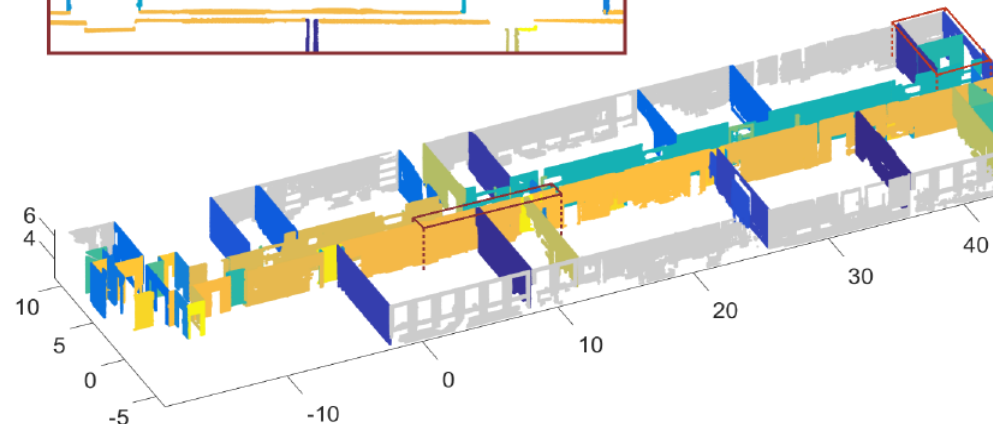
Identification des nuages de points des murs

Critères : parallélisme et distance entre plans

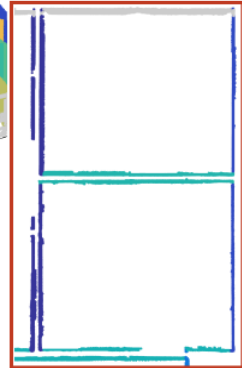
Zoom - vue de dessus



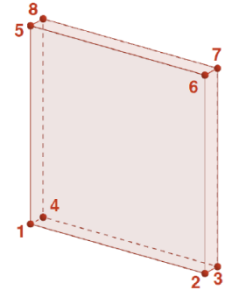
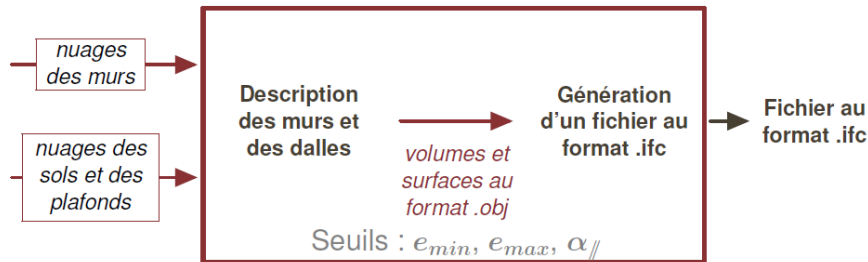
Assemblage des segments plans en murs (une couleur par mur) - 1er étage du bâtiment de l'INSA



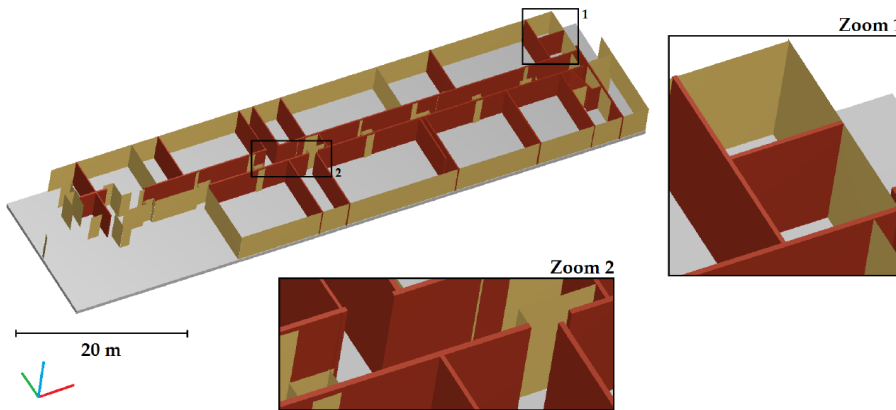
Zoom - vue de dessus



3. Reconstruction de murs et de dalles



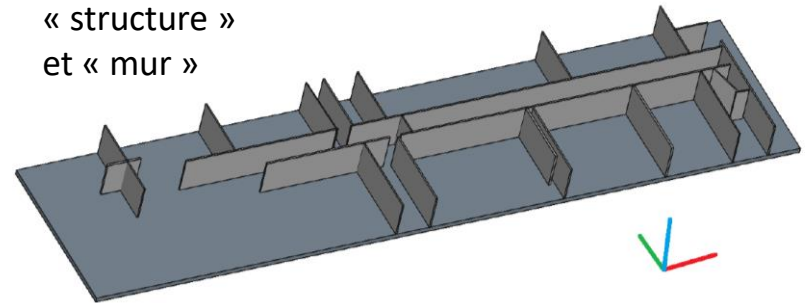
Description des éléments au format .obj



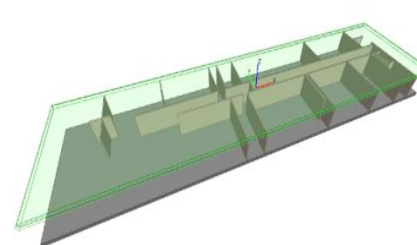
Description des éléments du bâtiment au format .obj - 1er étage du bâtiment de l'INSA

Du format .obj au format .ifc

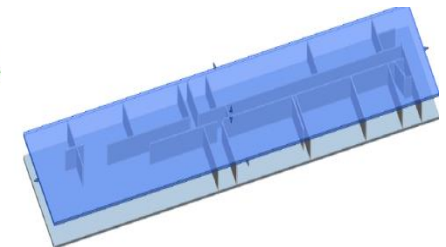
- Utilisation du logiciel FreeCAD (logiciel libre)
- Création d'éléments du bâtiment de type « structure » et « mur »



- Validation du fichier .ifc créé



Rendu dans la visionneuse BIM Vision (Datacomp)



Rendu dans le logiciel Revit (Autodesk)

4. Recherche d'ouvertures

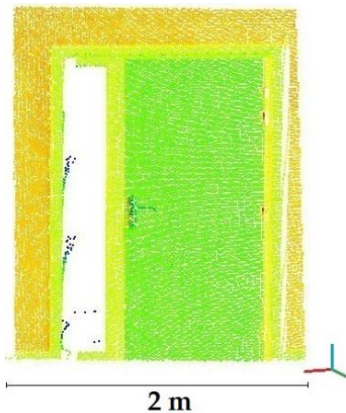
Pré-localisation
des ouvertures

Exploitation
d'informations
radiométriques

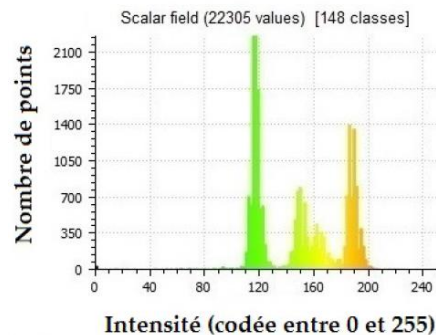
*nuages des murs de façades
et des portes prélocalisées*

Exploitation de l'intensité

Hypothèse : chaque type de matériaux a sa propre signature en intensité → analyse des histogrammes d'intensité

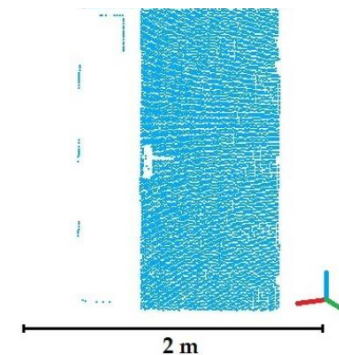
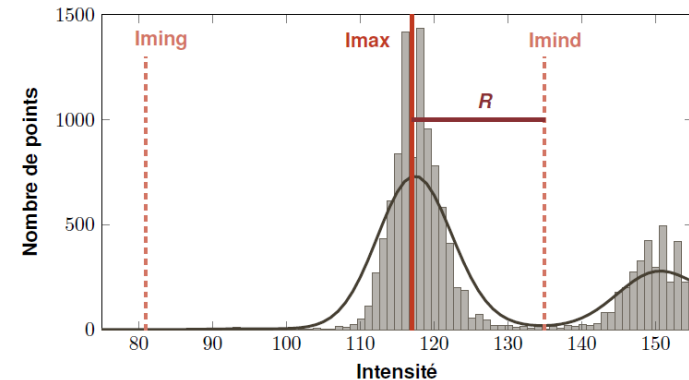


Nuage de points d'une porte colorisé avec l'information d'intensité



histogramme associé

Méthode développée : extraction des pics décrivant les différents éléments



Bilan :

- méthode validée lorsque l'information d'intensité n'est pas perturbée
- résultats plus compliqués à interpréter lorsque les informations d'intensité sont peu fiables

4. Recherche d'ouvertures

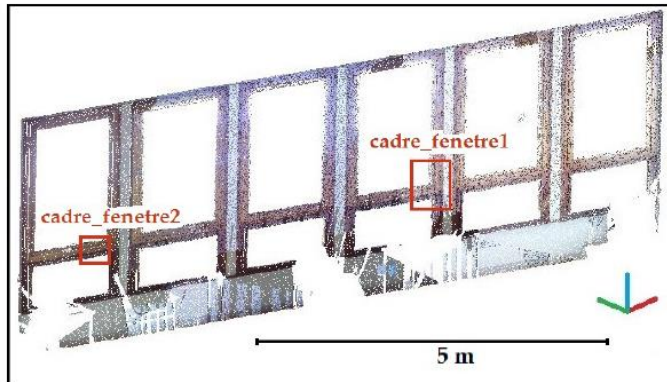
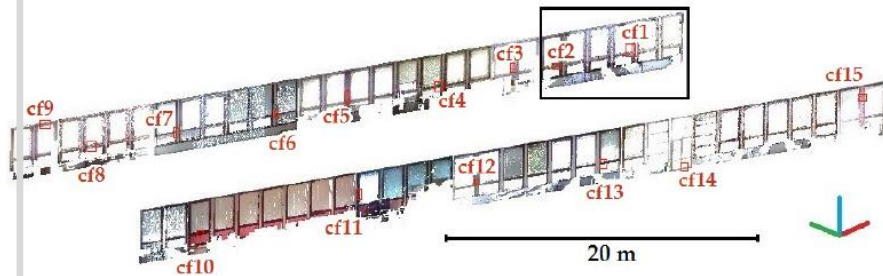
Pré-localisation
des ouvertures



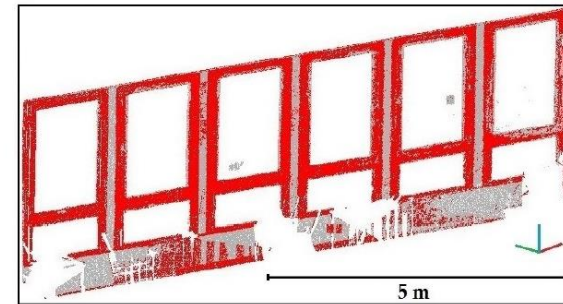
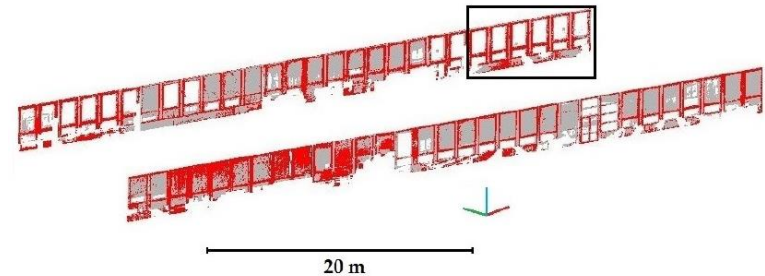
Exploitation
d'informations
radiométriques

*nuages des murs de façades
et des portes prélocalisées*

Exploitation de la couleur



Méthode développée : classification supervisée basée sur le maximum de vraisemblance



Bilan :

- Résultats : 85 % des points correctement assignés à la classe d'intérêt
- majorité des points de la classe d'intérêt identifiée malgré des photographies de qualité limitée
- certains points mal classifiés à cause de changements d'éclairage trop forts

Evaluation de l'approche

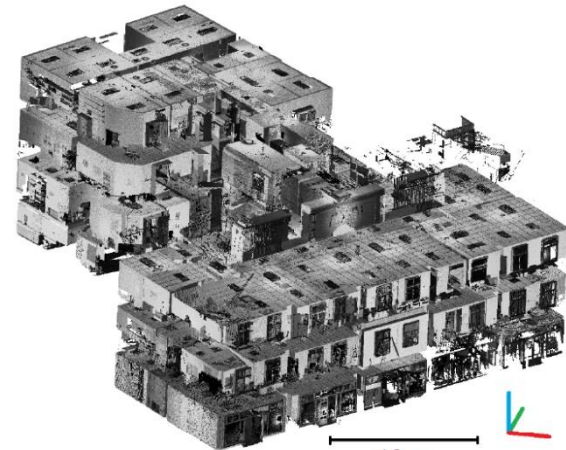
- **Etude des seuils** intervenant dans la chaîne (relatifs au rééchantillonnage spatial des nuages de points, aux dimensions des espaces, aux contraintes et aux critères de qualité) → Proposition de **valeurs par défaut** pour les seuils non automatisables
- **Application à divers nuages de points d'intérieurs**
(fournis gracieusement, à des fins de recherche, par des cabinets de Géomètres Experts et sociétés)



10 m

(env. 10 Mo de pts)

Maison individuelle,
Cabinet David PIERROT
(Mandelieu)



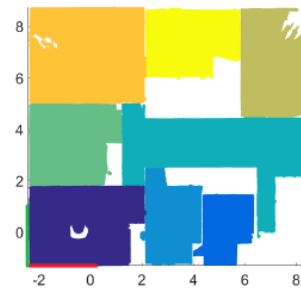
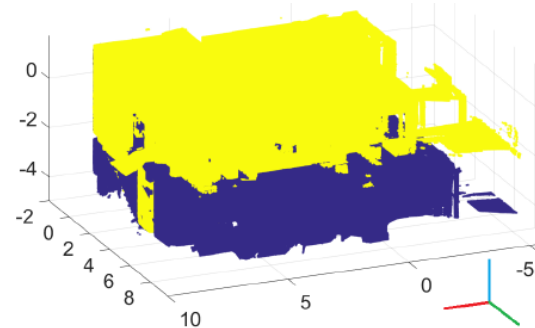
10 m

(env. 40 Mo de points)

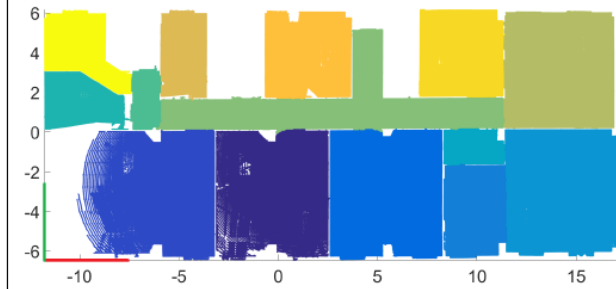
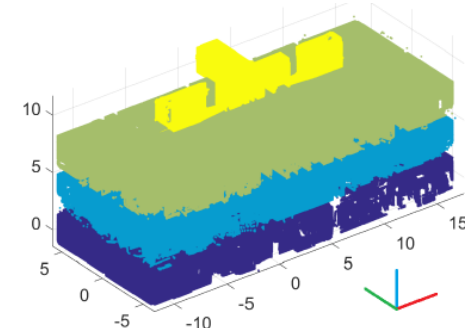
Bâtiment de bureaux
Société FUTURMAP (Lyon)

Evaluation de la segmentation

Segmentation en sous-espaces :
très satisfaisante



Vue de dessus



Vue de dessus

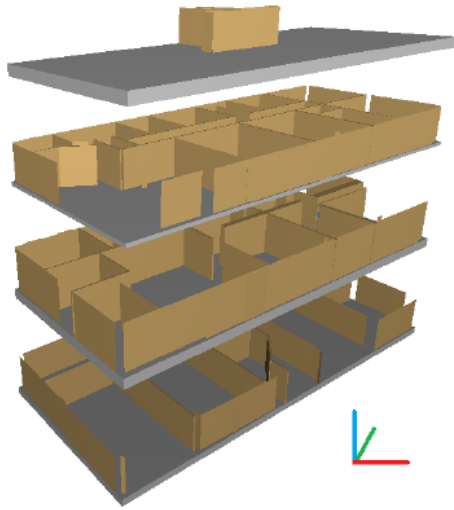
Evaluation quantitative :
Comparaison des résultats
avec une segmentation de
référence (manuelle)

		Plafonds et sols	Murs	Objets
Maison individuelle	VP	99 %	89 %	94 %
	FN	3 %	1 %	21 %
Bâtiment de bureaux	VP	99,5 %	93 %	81 %
	FN	4,5 %	9 %	8 %

VP = vrais positifs ; FN = faux négatifs

Evaluation de la reconstruction

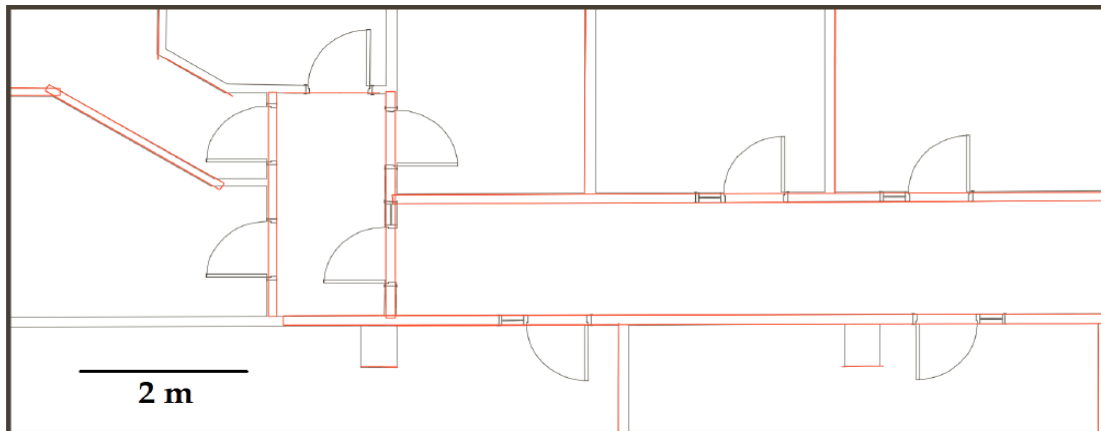
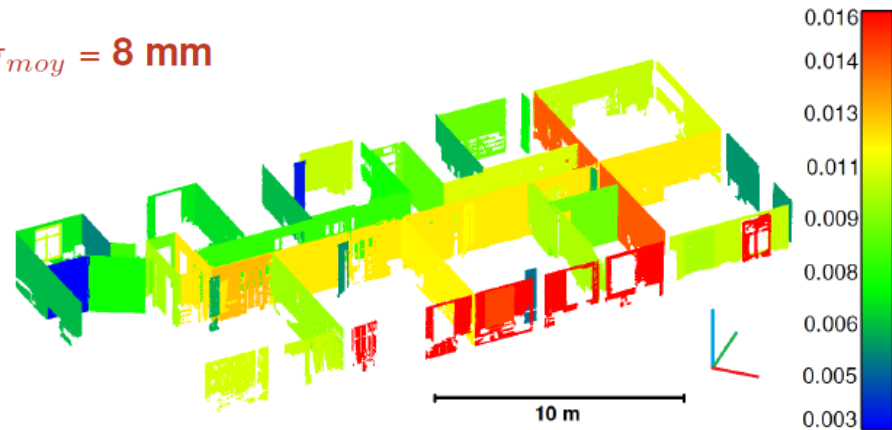
Inspection des murs reconstruits



88% des objets validés

Analyse de dispersion des points autour des murs reconstruits

$\sigma_{moy} = 8 \text{ mm}$



Superposition d'un plan existant et du **résultat** de la reconstruction : écarts de quelques mm à 2 cm

Conclusion et perspectives

Chaîne de traitements développée :

- ✓ **Segmentation** et **reconstruction 3D** d'éléments structuraux du bâtiment
- ✓ **Import** du résultat dans un logiciel de BIM et outil d'inspection du résultat

Attentes des géomètres

- ✓ Réflexion sur le **protocole** d'acquisition d'un modèle « tel que construit », intégrant la collecte d'informations **sémantiques**
- ✓ Gain de **temps** grâce à la reconstruction semi-automatique d'éléments structuraux du bâtiment
- ✓ Outils **d'inspections** à exiger des logiciels de modélisation, condition indispensable pour garantir la **qualité** de la maquette numérique
- ✓ Nécessaire **collaboration** entre le géomètre-expert et d'autres corps de métiers détenteurs d'informations géométriques et sémantiques
- Compléter la géométrie par la sémantique, et donnée attributaire à caractère juridique ou foncier.

Bibliographie

- ❑ Macher, H., Landes, T., Grussenmeyer, P., Alby, E., 2014. **Semi-automatic Segmentation and Modelling from Point Clouds Towards Historical Building Information Modelling**. In : EuroMed 2014, LNCS 8740, pp. 111–120. Best paper award (3rd).
- ❑ Macher, H., Landes, T., Grussenmeyer, P., Alby, E., 2014. **Boundaries Extraction from Segmented Point Clouds as Input for Historical Building Information Modelling**. International Journal of Heritage in the Digital Era, 4(3), pp. 669–682, DOI : 10.1260/2047-4970.3.4.669.
- ❑ Macher, H., Landes, T., Grussenmeyer, P., 2015. **Point clouds segmentation as base for as-built BIM creation**. In : International Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume II-5/W3, pp. 191–197.
- ❑ Macher, H., Landes, T., Grussenmeyer, P., 2016. **Validation of point clouds segmentation algorithms through their application to several case studies for indoor building modelling**. In : International Archives of the Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences, Volume XLI-B5, pp. 667–674.
- ❑ Macher, H., 2017. **Du nuage de points à la maquette numérique de bâtiment : reconstruction 3D semi-automatique de bâtiments existants**, Thèse de doctorat, Ecole doctorale Mathématiques, sciences de l'information et de l'ingénieur (ED 269) (Strasbourg), réalisée à l'INSA Strasbourg, en partenariat avec Laboratoire des sciences de l'Ingénieur, de l'Informatique et de l'Imagerie (laboratoire) .
- ❑ Landes, T. et Polidori, L., 2017. **Jeter des ponts entre technique et droit, Etat des lieux en trois temps**, Dossier du mois : Process BIM, Le défi collaboratif, Revue Géomètre n° 2146, Avril 2017 – pp.29-30.

Merci pour votre attention !

Du nuage de points à la maquette numérique de bâtiment existant : un pas vers le BIM

Conférence « Géo information 3D » du 13 juin 2017, Olten, Suisse

Tania LANDES

Maitre de conférences

Spécialité Topographie

INSA Strasbourg (France)

24, boulevard de la Victoire

F - 67084 Strasbourg Cedex

tania.landes@insa-strasbourg.fr



INSA | INSTITUT NATIONAL
DES SCIENCES
APPLIQUÉES
STRASBOURG