

Von der Punktwolke zum digitalen Bestandsmodell : ein Schritt zum 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

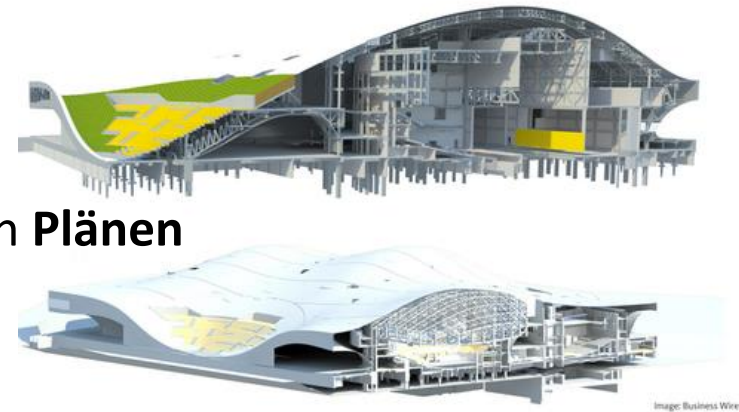
Inhalt

- BIM und die Idee einer Doktorarbeit
- Von der Punktwolke zum digitalen Gebäudemodell : Vorstellung der von der Forschungsgruppe entwickelten Methode
- Bewertung der Methode
- Schlussfolgerung und Perspektiven

2 Arten von BIM

BIM « wie geplant »

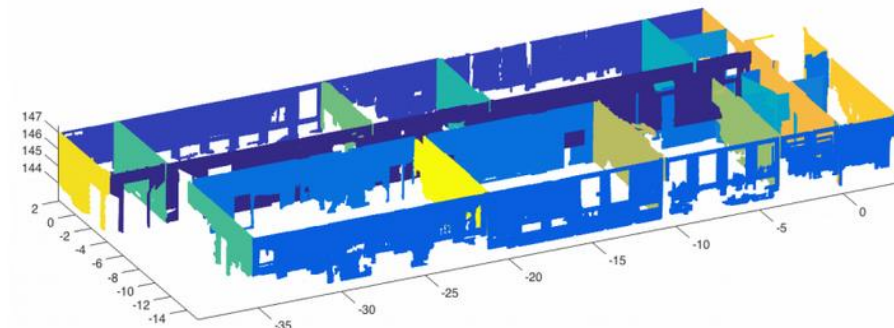
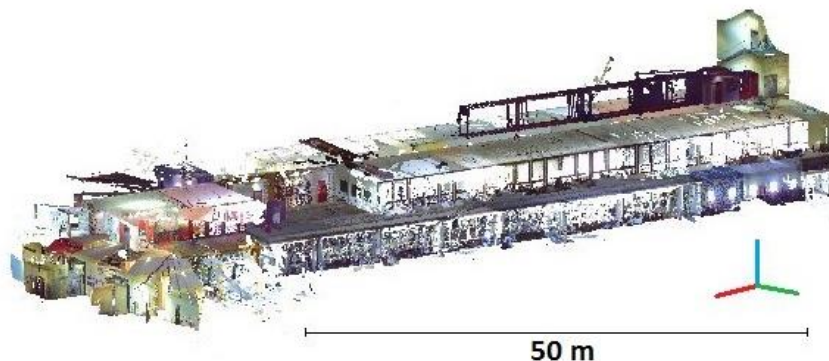
Erstellung des **digitalen Gebäudemodells** anhand von **Plänen**



BIM « wie gebaut »

Erstellung des **digitalen Gebäudemodells** mit Hilfe einer Bestandsaufnahme (rétro-conception).

(villagebim.com)



Insa Strasbourg

Welche Rolle spielt der Geomatiker ?

- Zu Beginn: wirklichkeitsgetreue **Erfassung und Verbreitung** des realisierten Gebäudes
 - Später: **Auswertung und Aktualisierung** des digitalen Modells
 - Als Vermessungsexperte könnte er ebenfalls die Rolle des **Garanten** des digitalen Modells übernehmen
- **Doktorarbeit**, gemeinschaftlich von der ANRT und dem Berufsverband der Géomètres Experts finanziert, durch unser Team von **Hélène Macher** (fév. 2014- fév. 2017) realisiert. Doktorvater : Pierre Grussenmeyer
wissenschaftliche Begleitung : Tania Landes



BIM « wie gebaut »

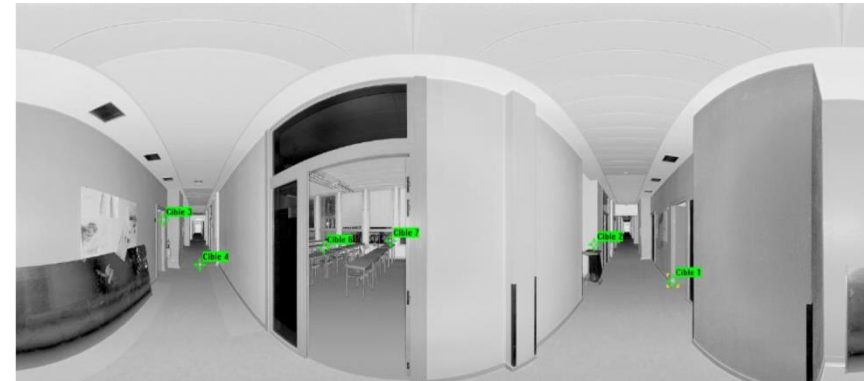
Aufnahme und Bearbeitung



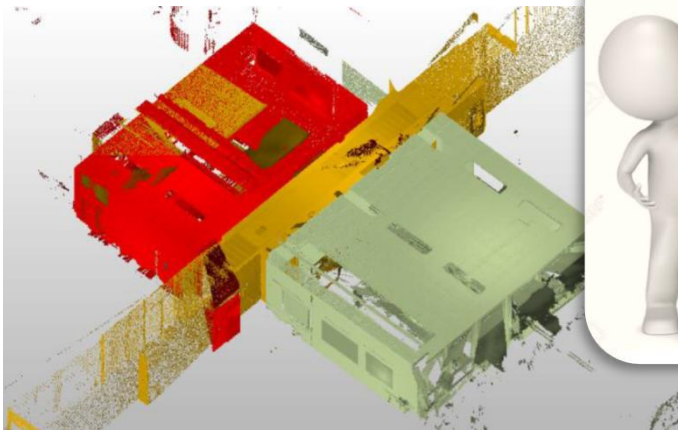
Focus 3D Faro (innen)



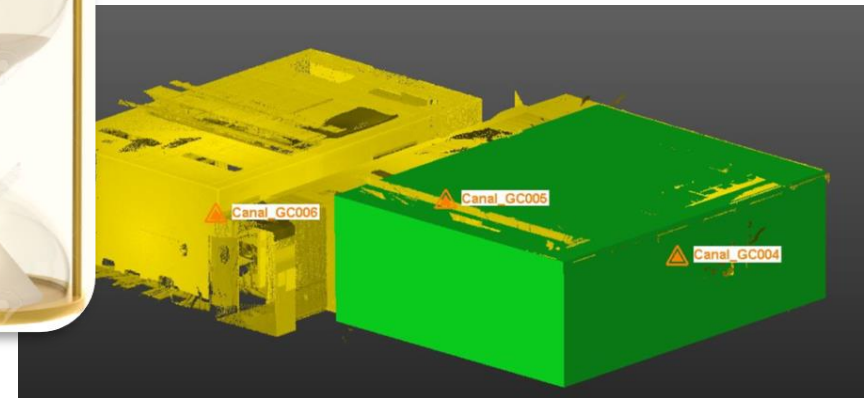
C10 Leica (aussen)



Indirekte Georeferenzierung (Markierungen) oder direkt



Kosolidierung der Wolken (Studentenprojekt)



3D Modellisierung basierend auf den Punktwolken (Studentenprojekt)

Ziele unserer Arbeit

Entwicklung einer **Methode**, welche den Übergang von der Punktwolke zum **digitalen Gebäudemodell automatisiert**. Ziel ist es, das Ergebnis direkt in ein **BIM-Modell** zu integrieren.

Dies beinhaltet:

Drei Schritte (Tang et al., 2010) :

- Modellierung der **Geometrie** der Gebäudeelemente
- Zuweisung einer **Objektkategorie** sowie von Eigenschaften für alle erfassten Elemente
- **Beziehungen** zwischen den Elementen herstellen

Berücksichtigung der Eigenschaften der Punktwolke (Anil et al., 2011) :

- **Dichte** der Punktwolke
- Auftreten von **Masken** (Erzeugt Okklusionen)
- Fehlende **semantische** Information

Rahmenbedingungen der entwickelten Methode

Automatisierung

- Rekonstruktion 3D
« halbautomatisch »
- ➔ Identifikation der zu automatisierenden Aufgaben

Übertragbarkeit

- Übertragbarkeit des Ansatzes für andere Testgebäude sicherstellen
- ➔ Definition der zu berücksichtigen Gebäude

Qualität

- Geometrische Qualität des Modells
- ➔ Integration von Qualitätskriterien, Werkzeuge zur Überprüfung

Berücksichtigte Gebäude : 100 m² bis > 1000 m², Büro- und Wohngebäude, keine Industriegebäude oder historische Bauten.

Entwickelte Methode (Thèse Macher, 2017)

Punkte-
wolke
(innen)

SEGMENTIERUNG

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*

REKONSTRUKTION

3 – Reconstruction
de murs et de
dalles

4 – Recherche
d'ouvertures

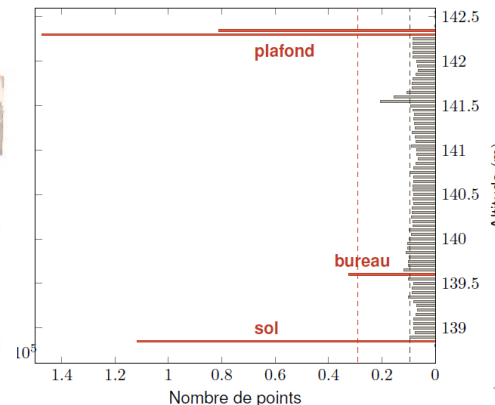
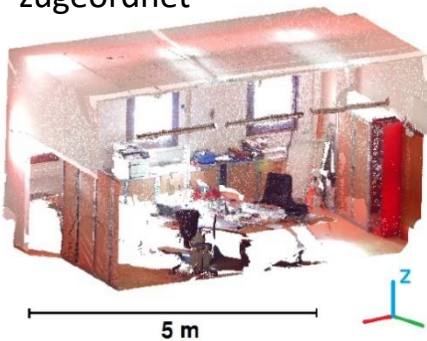
Fichier au
format .ifc

Nuages de points
des ouvertures

1. Segmentierung in Unterzonen

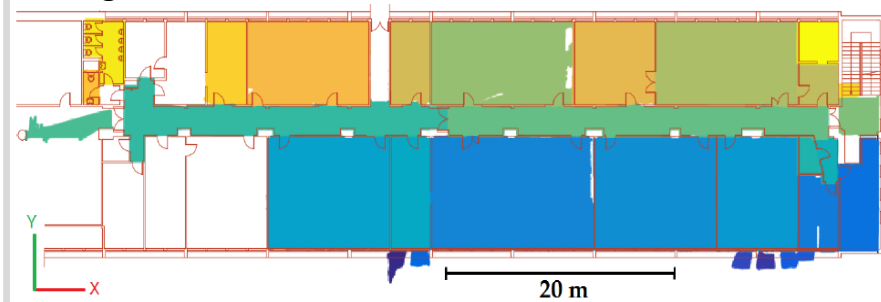


- Die Punktwolken stammen aus unterschiedlichen Lasermessungen
- Bestimmung der **Bodenhöhe** mit Hilfe eines **Histogrammes** welches die Punkteverteilung un Z- Richtung angibt
- Jeder Punktwolke wird eine **Etagennummer** zugeordnet

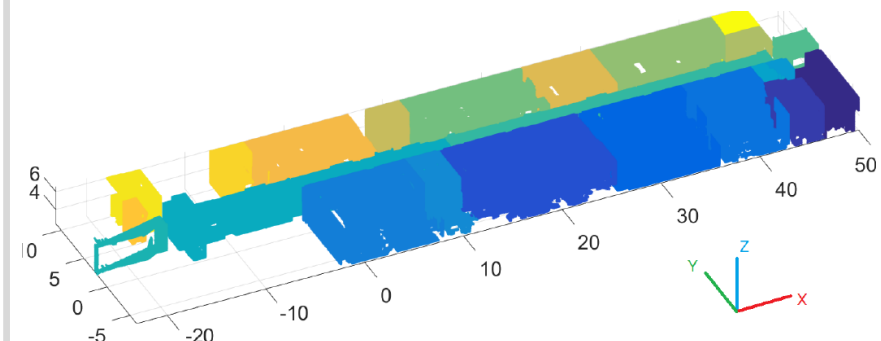


— distribution des points selon Z
 — éléments sélectionnés
 - - - fréquence d'occurrence moyenne (f_{moy})
 - - - $f_{moy} + \text{écart-type des fréq. d'occurrence}$

- Erstellung eines **binären Bildes**, ausgehend von einem in Höhe der Decken ausgeführten Schnittes der Punktwolke, auf einen Plan projiziert
- **Vergrößerung des Bereiches** auf das binäre Bild angewendet



- Übergang von **2D Bereichen** zu **3D Bereichen**



un nuage par pièce →

2. Segmentierung und Klassifizierung der Plansegmente

Extraction des segments plans du sol, du plafond et des murs
de 1 à n pièces

→

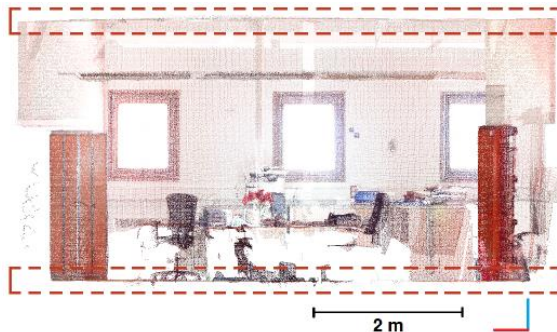
Assemblage des segments plans

segments plans des murs d'un étage

Seuils : nb_{min} , $\%pts_{restants}$, $nbpts_{restants}$, $nbpts_{segm-1}$, t , σ_p , α_{hz} , α_{vert} , e_{max} , $\alpha_{//}$

Extraktion der Plansegmente welche Böden und Decken entsprechen

- Grobe Extraktion von Boden und Decke aus der Punktwolke



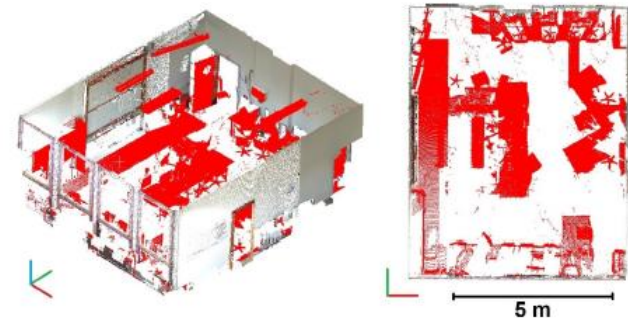
- Bestimmung von 2 Horizontalschnitten
 - Benutzung eines Horizontalkriteriums
 - Speicherung der 2 Schnitte und ihrer Parameter

Extraktion der Plansegmente, welche Wände beschreiben

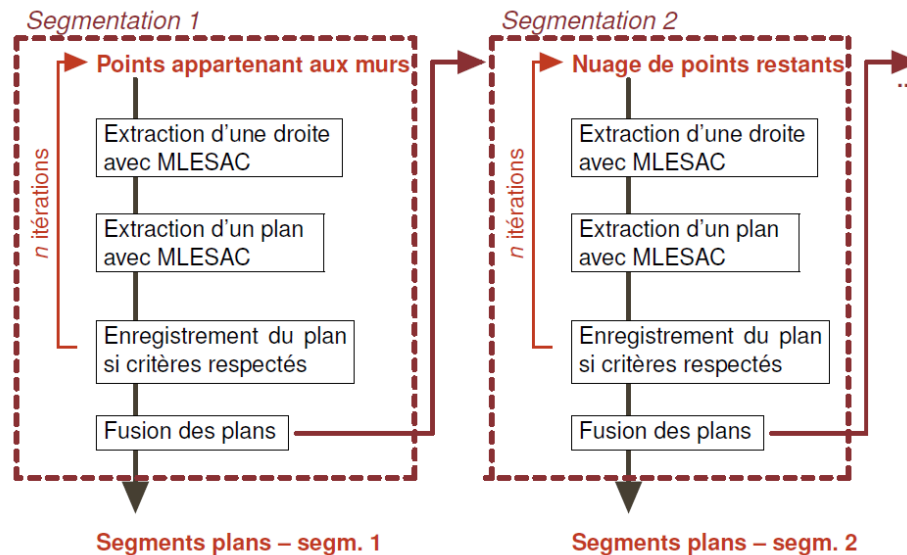
- Klassifizierung der restlichen Punkte in 2 Kategorien :
 - Wände
 - sonstige Objekte



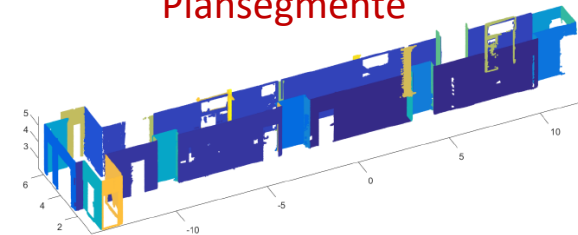
Punktwolke eines Raumes nach der Extraktion von Boden und Decke



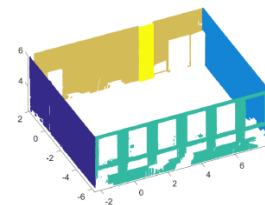
Resultat der Punkteklassifizierung (sonstige Objekte in Rot)



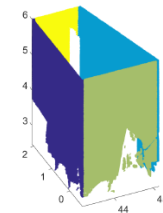
Extraktion der die Wände beschreibenden Plansegmente



Korridor - 9 aufeinander folgende Segmente, 34 Plansegmente



Seminarraum - 2 Segmente, 5 Plansegmente



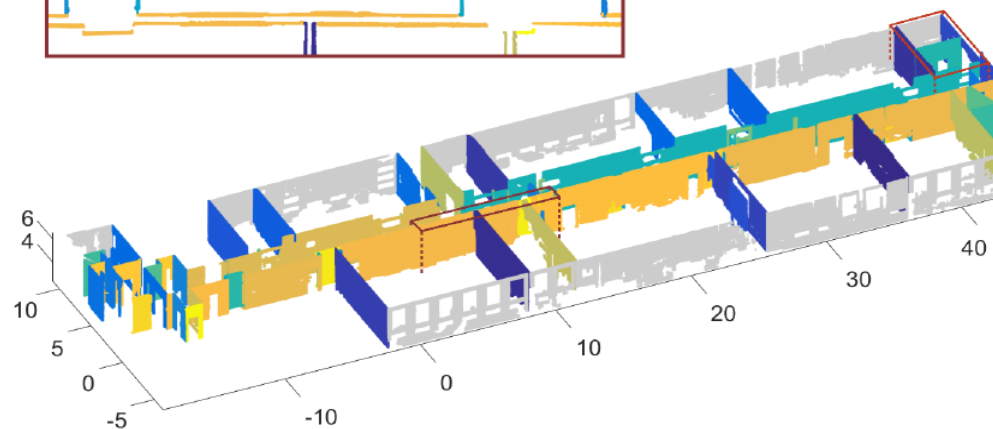
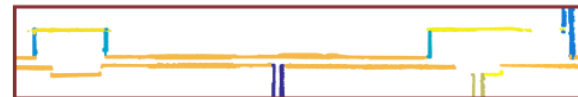
Abstellkammer - 1 Segment, 4 Plansegmente

Identifikation der Wände innerhalb der Punktwolke

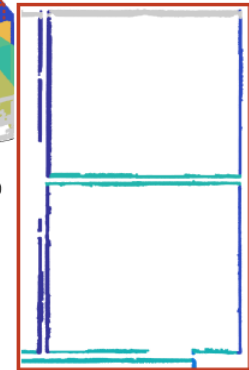
Kriterien : Parallelität und Distanz zwischen den Schnitten

Zusammenfügen der Plansegmente der Wände (eine Farbe pro Wand) – erste Etage des INSA Gebäudes

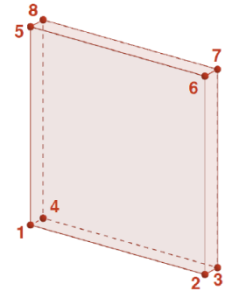
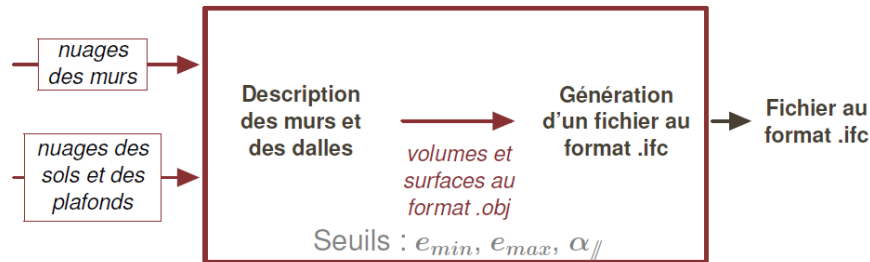
Zoom - vue de dessus



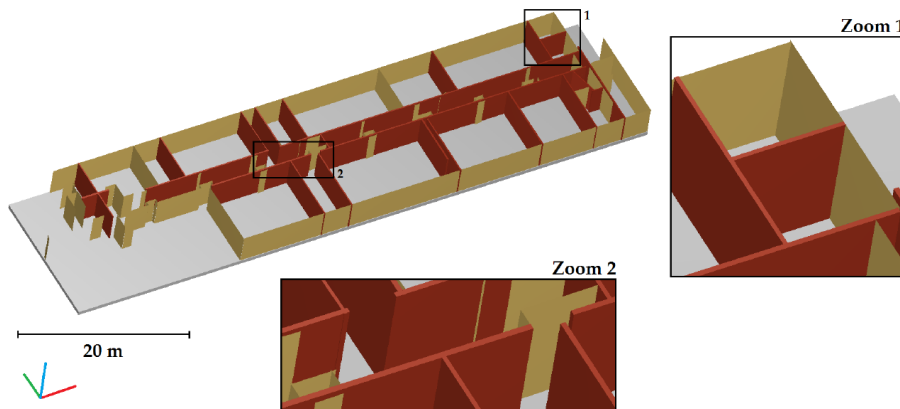
Zoom - vue de dessus



3. Rekonstruktion von Wänden und Decken



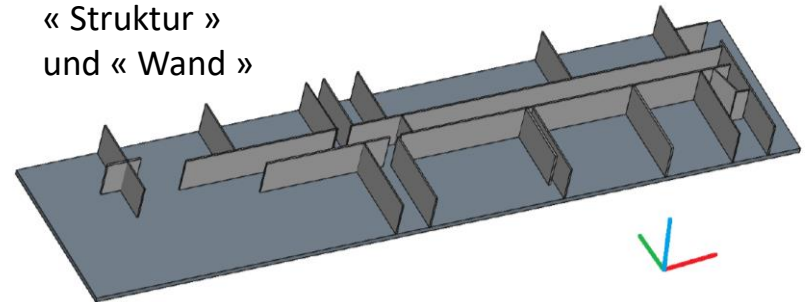
Beschreibung der Elemente im Format .obj



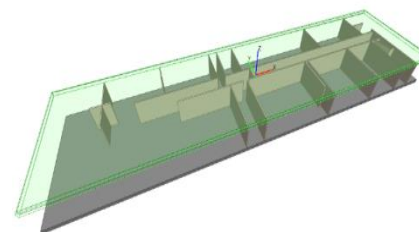
Beschreibung der Elemente des Gebäudes im Format .obj – Erste Etage des INSA Gebäudes

Vom Format .obj zum Format .ifc

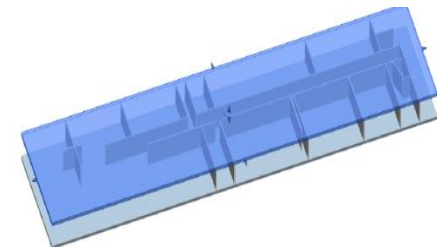
- Benutzung des Programms FreeCAD (Freeware)
- Erstellung von Gebäudeelementen des Typs « Struktur » und « Wand »



- Validierung der erstellten .ifc Datei



Anzeige in BIM Vision (Datacomp)



Anzeige in Revit (Autodesk)

4. Identifizierung von Öffnungen

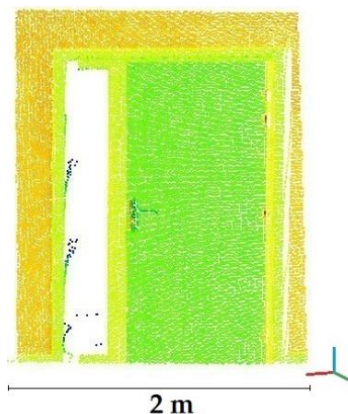
Pré-localisation
des ouvertures

Exploitation
d'informations
radiométriques

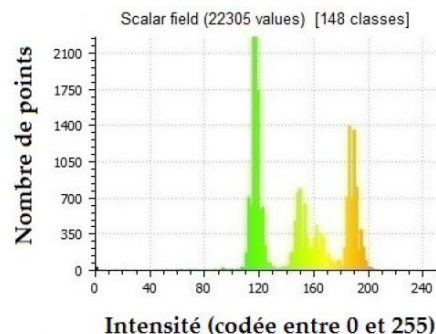
*nuages des murs de façades
et des portes prélocalisées*

Benutzung der Intensität

Hypothese : jedes Material besitzt seine eigene,
ihm zuzuordnende Intensität → Analyse der
Intensitätshistogramme

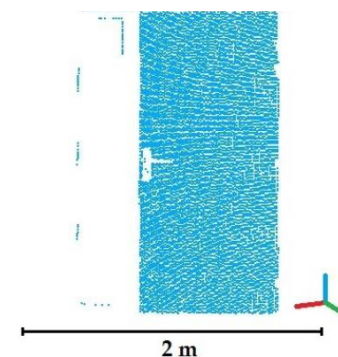
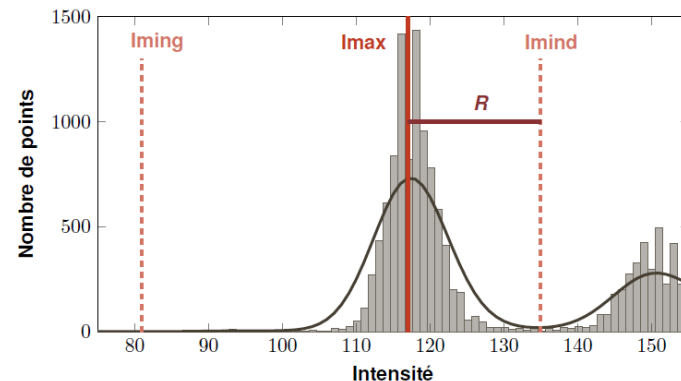


Punktwolke einer Tür welche
entsprechend der Intensität eingefärbt ist



Zugehöriges Histogramm

Entwickelte Methode : Extraktion von Spitzen, welche
unterschiedliche Elemente beschreiben



Bilanz :

- Die Methode ist anwendbar, wenn die Intensitätsinformation nicht beeinträchtigt ist
- Eine Auswertung wird schwieriger, wenn die Intensitätsinformationen wenig zuverlässig sind

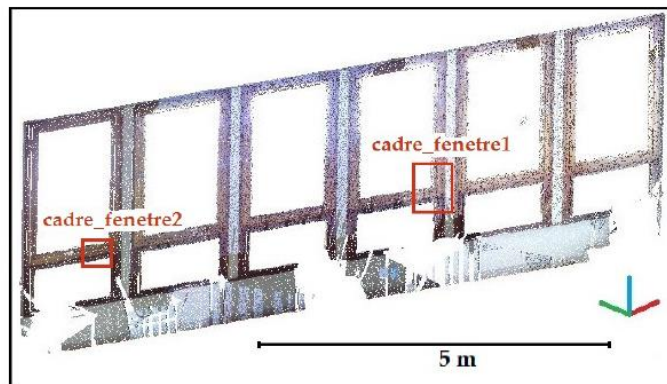
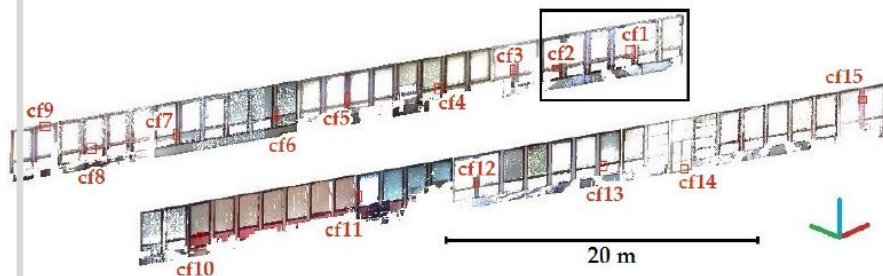
4. Identifizierung von Öffnungen

Pré-localisation
des ouvertures

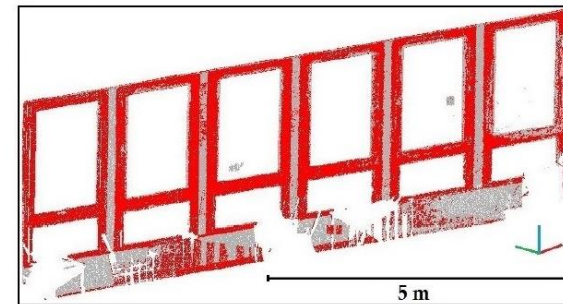
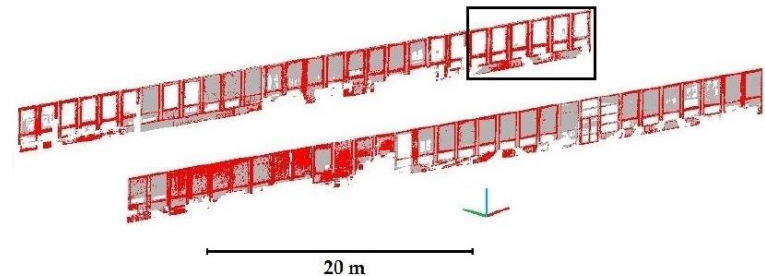
Exploitation
d'informations
radiométriques

*nuages des murs de façades
et des portes prélocalisées*

Benutzung der Farbe



Entwickelte Methode : überwachte Klassifizierung,
basierend auf einem Plausibilitätsmaximum



Bilanz :

- 85 % der Punkte sind der korrekten Klasse zugeordnet
- Die Mehrzahl der Punkte konnte trotz schlechter Photoqualität einer Klasse zugeordnet werden
- Einige Punkte wurden aufgrund einer zu starken Beleuchtung falsch zugeordnet

Validierung der Methode

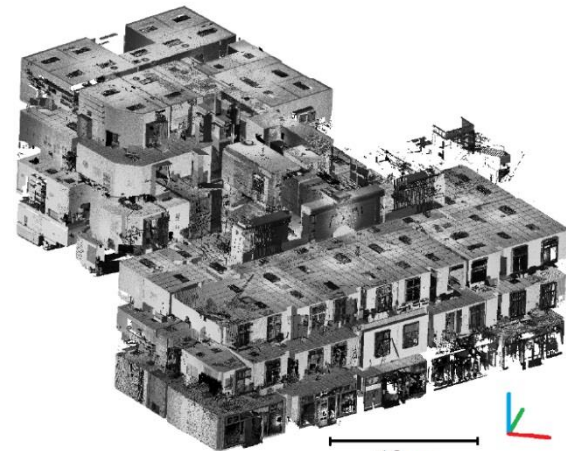
- **Untersuchung der Schwellenwerte** welche in der Verarbeitungskette Eingang finden (Bezüglich des räumlichen Samplings der Punktwolke, Raumdimensionen, Einschränkungen und Qualitätskriterien) → Vorschlag von **Standardwerten** für nicht zu automatisierende Schwellenwerte
- **Anwendung auf diverse Punktwolken von Innenräumen**
(Unentgeltlich von Geomatikern und Firmen zu Forschungszwecken zur Verfügung gestellt)



10 m

(ca. 10 MB)

Einzelhaus,
Cabinet David PIERROT
(Mandelieu)



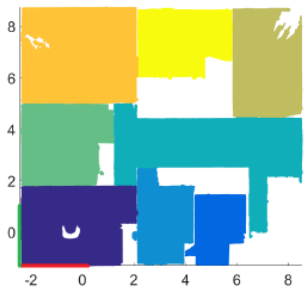
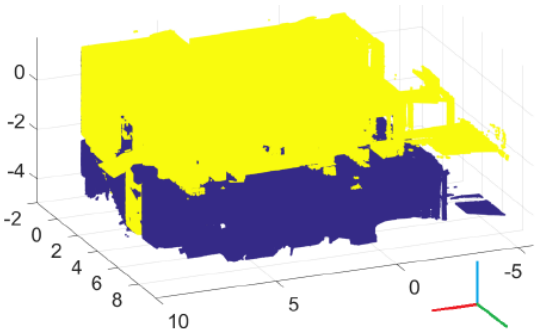
10 m

(ca. 40 MB)

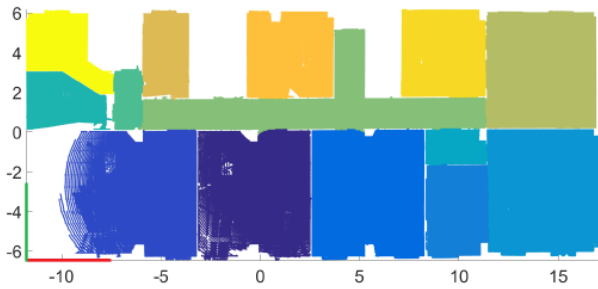
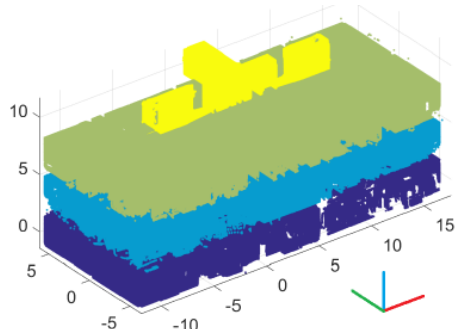
Bürogebäude FUTURMAP (Lyon)

Bewertung der Segmentierung

Segmentierung in Unterzonen: sehr zufriedenstellend



Vue de dessus



Vue de dessus

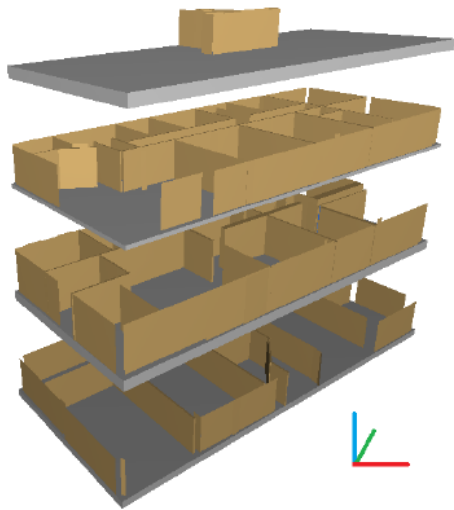
Quantitative Bewertung :
Vergleich der Resultate mit
einer Referenzsegmentierung
(manuell)

		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

Bewertung der Rekonstruktion

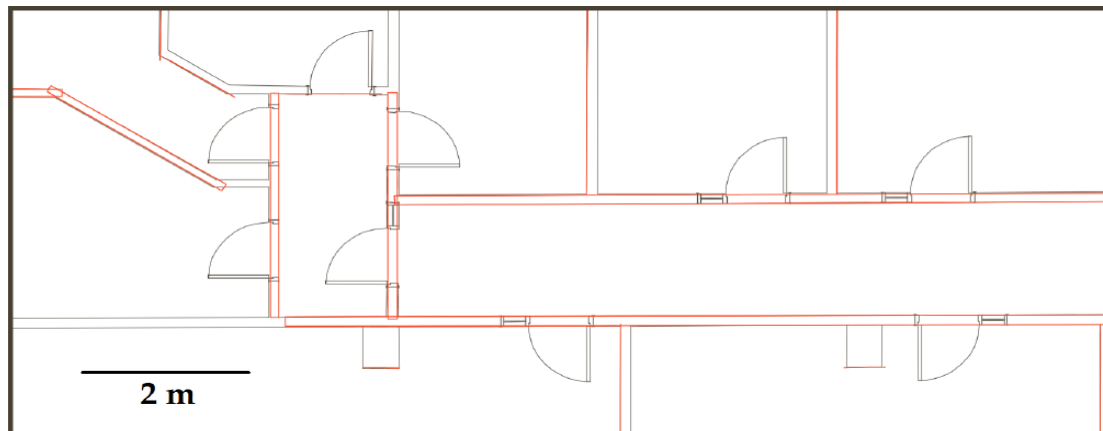
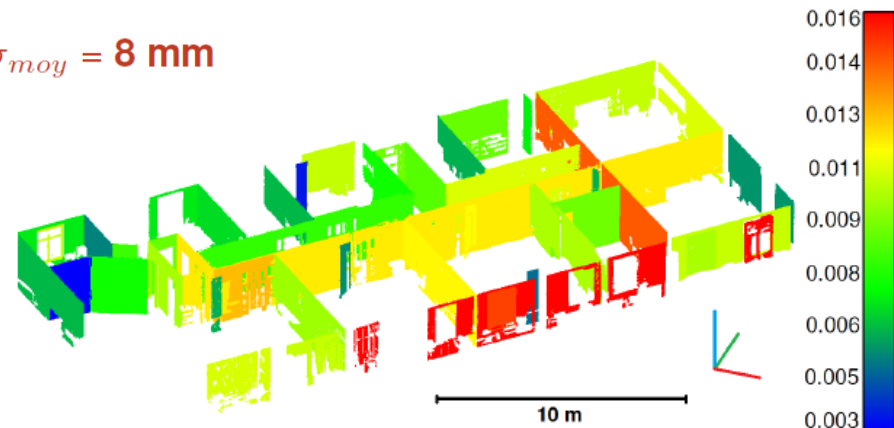
Kontrolle der rekonstruierten Wände



88% der Objekte validiert

Analyse der Streuung der Punkte in der Umgebung der rekonstruierten Wände

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



Überlagerung eines existierenden Plans und dem **Resultat** der Rekonstruktion : die Abweichungen schwanken von einigen mm bis zu 2 cm

Schlussfolgerung und Perspektiven

Entwickelte Verarbeitungskette :

- ✓ **Segmentierung** und **Rekonstruktion 3D** von tragenden Bauelementen
- ✓ **Import** des Ergebnisses in ein BIM Programm und Werkzeug zur Kontrolle des Resultats

Erwartungen der Geomatiker

- ✓ Entwicklung eines **Protokolls** für die Erfassung eines Modells « wie gebaut », welches die **semantischen** Informationen integriert
- ✓ **Zeitgewinn** dank der halbautomatischen Rekonstruktion der tragenden Gebäudeelemente
- ✓ **Kontrollwerkzeuge** müssen in die Modellisierungsprogramme integriert werden, sie sind unerlässlich um die **Qualität** des digitalen Gebäudemodells sicher zu stellen
- ✓ **Zusammenarbeit** von Geomatikern und anderen Planern für die Vervollständigung von geometrischer und semantischer Information notwendig
- Vervollständigung der Geometrie durch semantische Information, wie zum Beispiel Daten bezüglich Grundbucheintragen oder anderes.

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.

Vielen Dank für Ihre Aufmerksamkeit !

Von der Punktwolke zum digitalen Bestandsmodell : ein Schritt zum 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