

# Recalage et fusion de modèles numérisés tridimensionnels de grande taille

MEMO-F-403 - Préparation au mémoire

Tim Lenertz

ULB

2 septembre 2014

- **Nuage de points**  
= ensemble de points sur surface d'objet
- Pas de connectivité des points
- Pris par scanner laser, photogrammétrie
- Coordonnées dans repère cartésien 3D
- Attribués par couleur RGB, température, etc.
- Documentation 3D  
(site archéologiques, bâtiment, grotte, terrain, dent, objet céleste, ...)



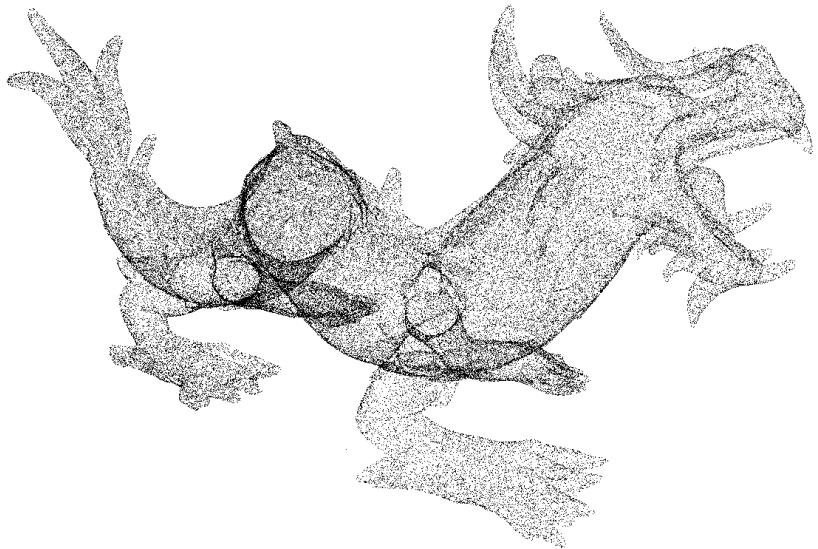
Scanner LIDAR

# Nuage de points - Exemple 1



Modèle de Jacobs University Bremen gGmbH

# Nuage de points - Exemple 2



Modèle de Stanford Computer Graphics Laboratory

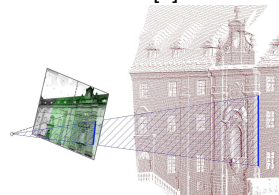
# Scans bruts → modèle final

- Planification des scans / photos  
p.ex. ajouter marqueurs visuels
- Filtrage bruit, outliers
- Recalage :
  - Mettre plusieurs scans dans même repère
  - Transformation rigide  
translation, rotation, (redimensionnement)
  - Multiplication matricielle en coordonnées homogènes
  - Recalage brut (semi-automatisé)  
identifier correspondances, comparer formes, ...
  - Recalage précis : ICP
- Combinaison photo + nuage → colorisation
- Maillage, feature detection, CAD, ...

Marqueurs : [3]

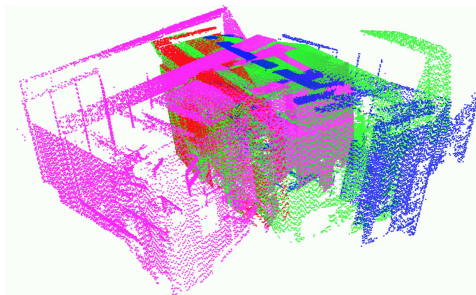


Colorisation : [4]

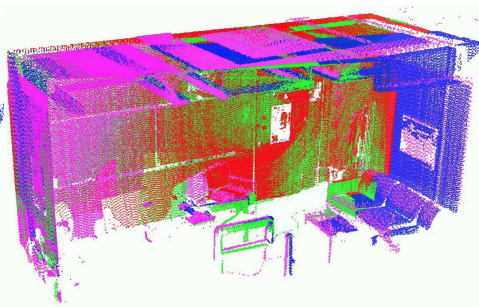


# Recalage - Exemple 1

Recalage de 4 scans [5]



Avant



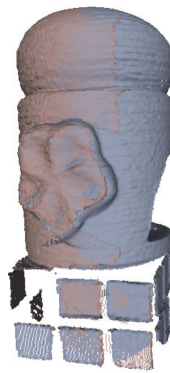
Après

## Recalage - Exemple 2

Recalage de 2 scans [6]  
avec overlap partiel



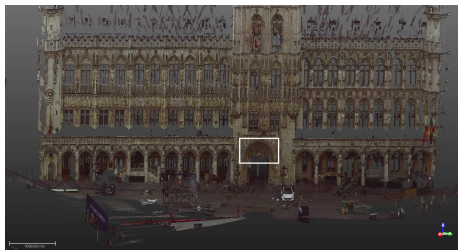
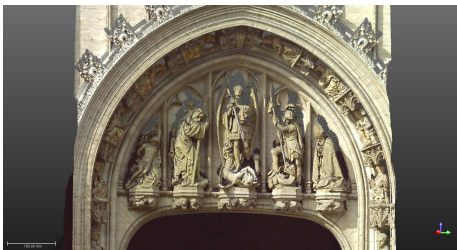
Avant



Après

# Projet de mémoire

- Recalage et fusion  
scans à grande distance + scans de détails
- Densité faible du modèle complet
- Grands nombres de points → algorithmes efficaces
- Développer méthode/algorithmes, établir workflow nécessaire  
i.e. types de scans, photos requis
- Projets de documentation 3D (LISA ULB)
  - Hôtel de Ville de Bruxelles
  - Grotte avec gravures préhistoriques





## Nuages de points

ICP Recalage précis, minimisation distances

Generalized-ICP Approximation de surface par distributions des points

4PCS Correspondance de 4-points congruents

Keypoints Identifier points d'intérêt

Recalage par photos Correspondances sur photos associées aux nuages

## Photogrammétrie

Reconstruction Trouver positions 3D à partir de photos

Appariement dense Photos → carte de profondeur

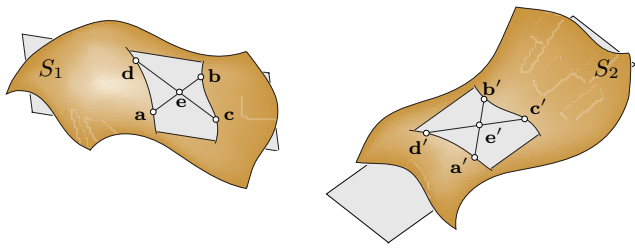
Zônes d'intérêt Points communs sur les photos

Hough Transform Identifier droites

- 2 nuages de points déjà recalés approximativement
- **Cible** reste fixe, **Source** est transformée
  - ➊ Former couples  $(s_i, c_i)$  de points +/- correspondants  
p.ex. points les plus proches
  - ➋ Métrique d'erreur, p.ex.  $\sum_i \|s_i - c_i\|^2$
  - ➌ Transformer source pour minimiser erreur  
méthodes directes, p.ex. rotation en quaternion
  - ➍ Répéter jusqu'à erreur < seuil
- Plusieurs variantes [7]
- *Point-to-plane* : Plans tangents de **cible**
- *Generalized-ICP* : Points = variables aléatoires [8]

# 4-Points Congruent Sets [1]

- 4-Points = ensemble de 4 points coplanaires. Procédure :
  - 1 Choisir aléatoirement 4-Points **base** dans **cible**
  - 2 Trouver plusieurs 4-Points congruents à **base** dans **source**  
= liées par transformation rigide
  - 3 Chercher celui qui donne le meilleure recalage
  - 4 Répéter (RANSAC)
- Pas besoin de recalage initial
- Résistant au bruit (outliers)
- *K-4PCS* : Utilise des keypoints → Peut avoir densités différentes [9]



[1]



Dror Aiger, Niloy J Mitra, and Daniel Cohen-Or.

4-points congruent sets for robust pairwise surface registration.

*ACM Transactions on Graphics*, 27(3), 2008.



Paul J Besl and Neil D. McKay.

A method for registration of 3-d shapes.

In *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, volume 14, pages 239–256. IEEE, February 1992.



José Luis Lerma, Santiago Navarro, Miriam Cabrelles, and Valentín Villaverde.

Terrestrial laser scanning and close range photogrammetry for 3d archaeological documentation : the upper palaeolithic cave of parpalló as a case study.

*Journal of Archaeological Science*, 37 :499–507, October 2009.



Maria Lichtenstein.

*Strukturbasierte Registrierung von Punktwolken unter Verwendung von Bild- und Laserscannerdaten.*

PhD thesis, Rheinisch-Westfälische Technische Hochschule Aachen, 2011.



Ameesh Makadia, Alexander Patterson IV, and Kostas Daniilidis.

Fully automatic registration of 3d point clouds.

In *CVPR '06 Proceedings of the 2006 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, volume 1, pages 1297–1304. University of Pennsylvania, 2006.



V. Matiukas and D. Miniotas.

Point cloud merging for complete 3d surface reconstruction.

Number 7 in ISSN 1392–1215 ELECTRONICS AND ELECTRICAL ENGINEERING.  
Department of Electronic Systems, Vilnius Gediminas Technical University, 2011.



Szymon Rusinkiewicz and Marc Levoy.

Efficient variants of the icp algorithm.

volume 3-D Digital Imaging and Modeling, pages 145–152. Stanford University, 2001.



Aleksandr V. Segal, Dirk Haehnel, and Sebastian Thrun.

Generalized-icp.

*Proceedings of Robotics : Science and Systems*, 2009.



P.W. Theiler, J.D. Wegner, and K. Schindler.

Markerless point cloud registration with keypoint-based 4-points congruent sets.

*ISPRS Annals of the Photogrammetry, Remote Sensing and Special Information Sciences*, 2(5) :283–288, November 2013.