

Cartes 3D pour les véhicules autonomes

Jean-Emmanuel Deschaud

Laboratoire de robotique – CAOR – MINES-PARISTECH

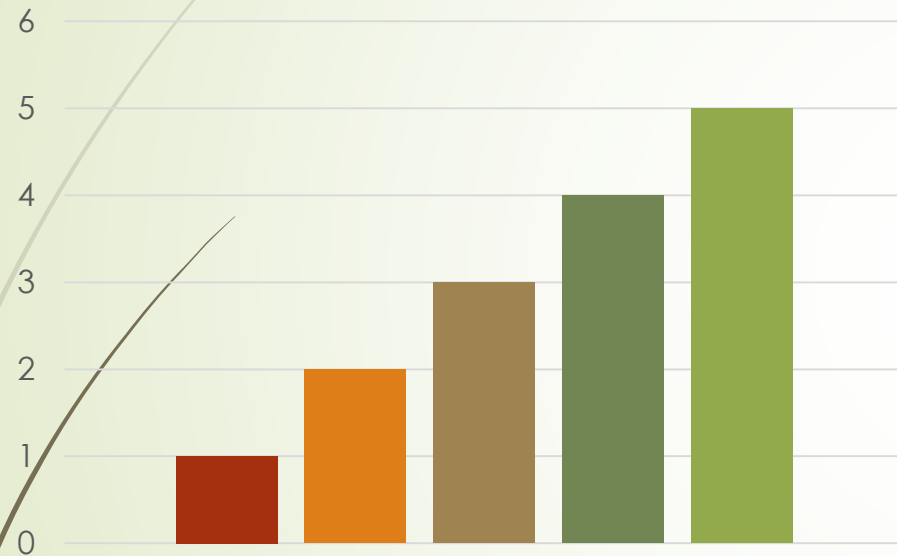
17/03/2016

Sommaire

- **Contexte du Véhicule Autonome**
- Contexte de la cartographie 3D
- Pourquoi les cartes 3D pour les véhicules autonomes ?
- Extraction de sémantique sur cartes 3D
- Localisation dans cartes 3D
- Conclusion

Contexte du véhicule autonome

► 5 niveaux d'automatisation standardisés :



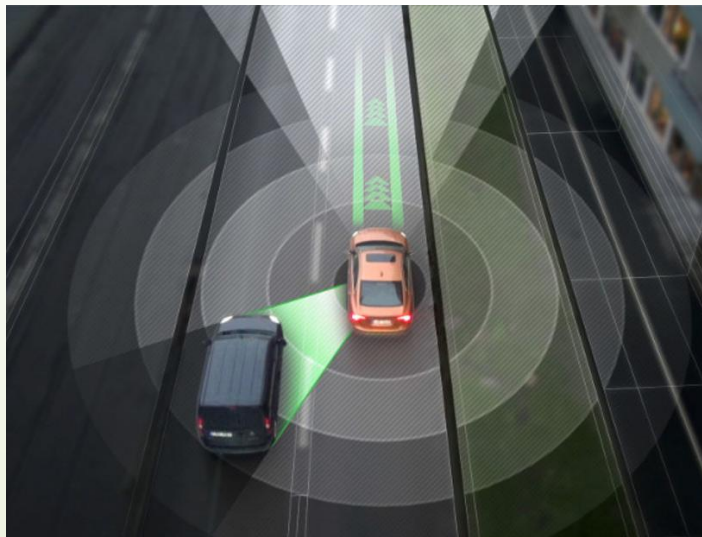
- Assistance à la conduite
- Automatisation partielle
- Automatisation conditionnelle
- Automatisation élevée
- Automatisation complète



Google Car

Contexte du véhicule autonome

- 3 tâches principales :



Contexte du véhicule autonome



Contexte du véhicule autonome



Véhicule Autonome Institut Vedecom



GPS

Contexte du véhicule autonome



Véhicule Autonome Institut Vedecom



Centrale inertielle

Contexte du véhicule autonome



Véhicule Autonome Institut Vedecom



Odomètre

Contexte du véhicule autonome



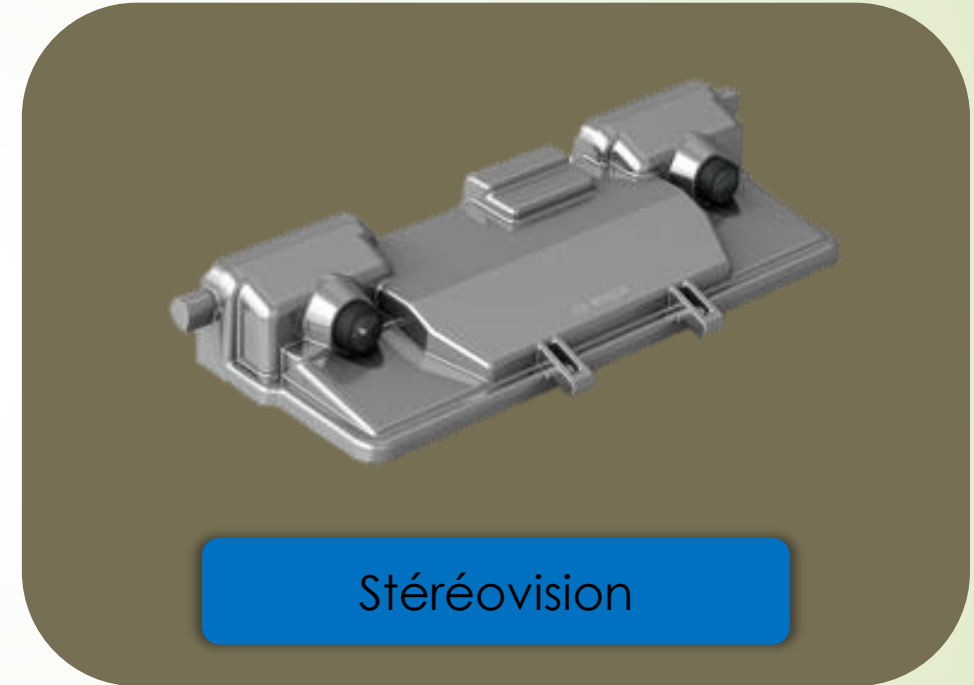
Véhicule Autonome Institut Vedecom



Contexte du véhicule autonome



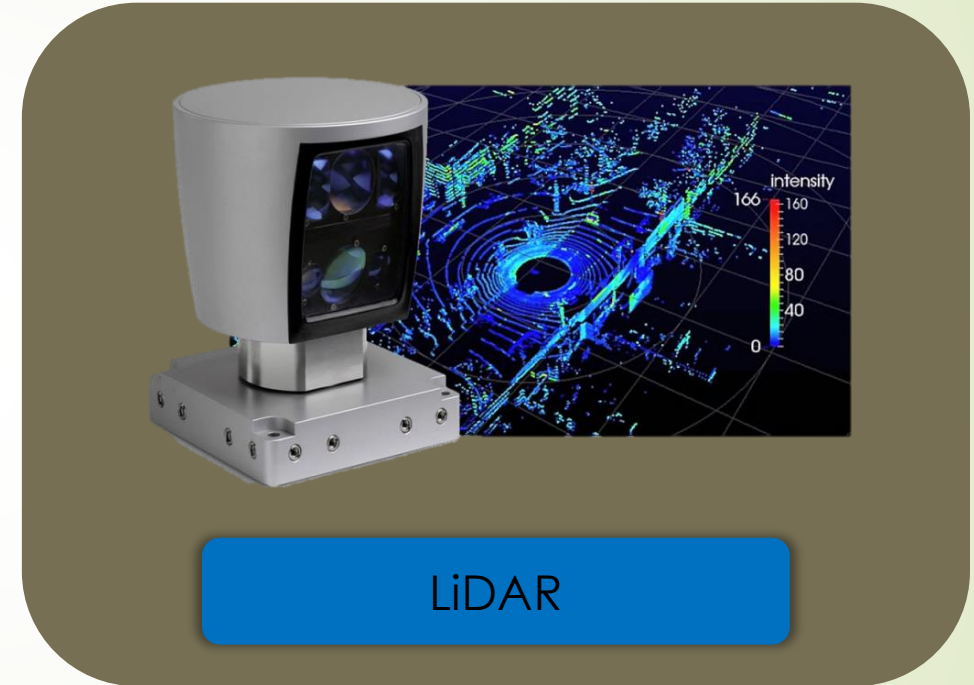
Véhicule Autonome Institut Vedecom



Contexte du véhicule autonome



Véhicule Autonome Institut Vedecom



Sommaire

- Contexte du Véhicule Autonome
- **Contexte de la cartographie 3D**
- Pourquoi les cartes 3D pour les véhicules autonomes ?
- Extraction de sémantique sur cartes 3D
- Localisation dans cartes 3D
- Conclusion

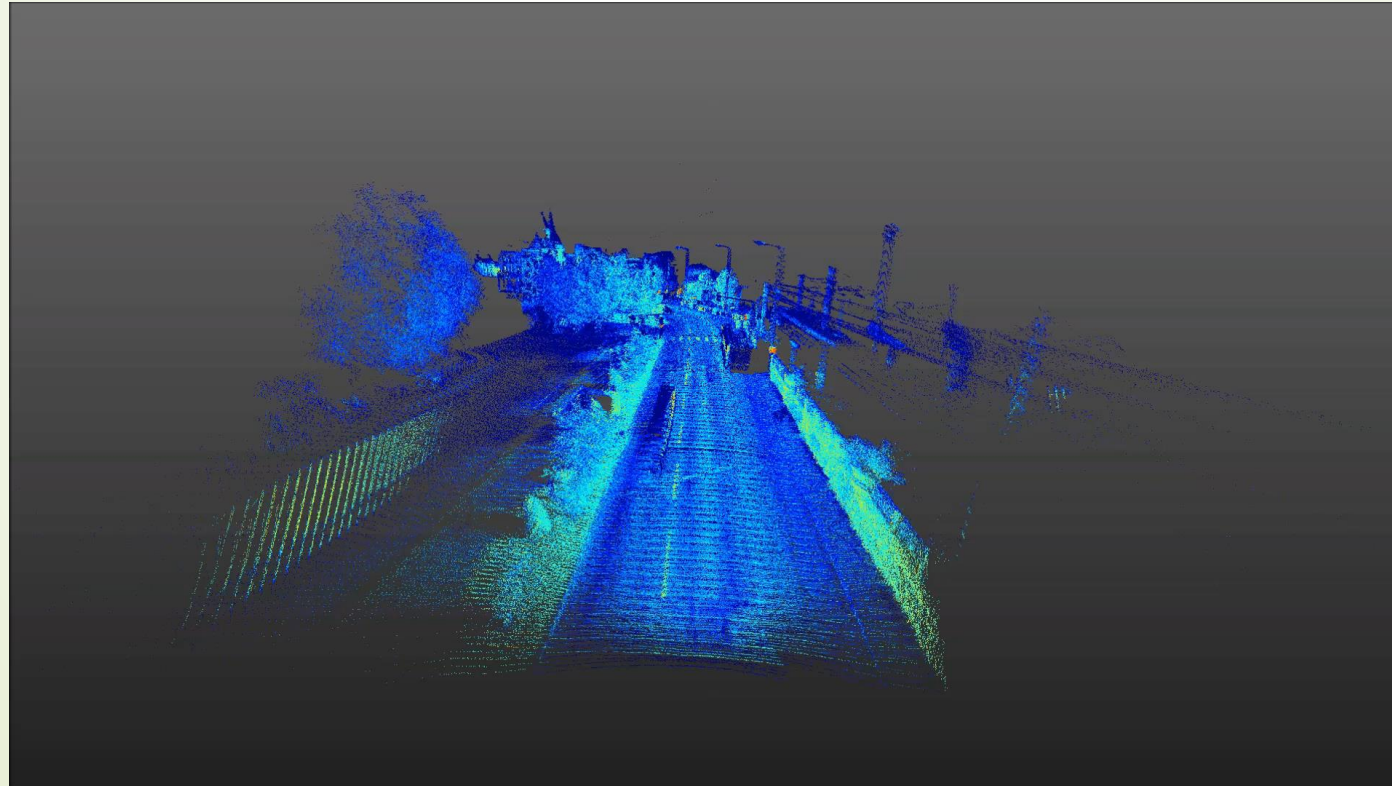
Contexte de la cartographie 3D

- Système mobile de cartographie basé LiDAR
 - Prototype L3D2 de MINES ParisTech



Contexte de la cartographie 3D

- Production de nuages de points 3D



Sommaire

- Contexte du Véhicule Autonome
- Contexte de la cartographie 3D
- **Quel lien entre véhicule autonome et cartes 3D ?**
- Extraction de sémantique sur cartes 3D
- Localisation dans cartes 3D
- Conclusion

Pourquoi les cartes pour les véhicules autonomes?

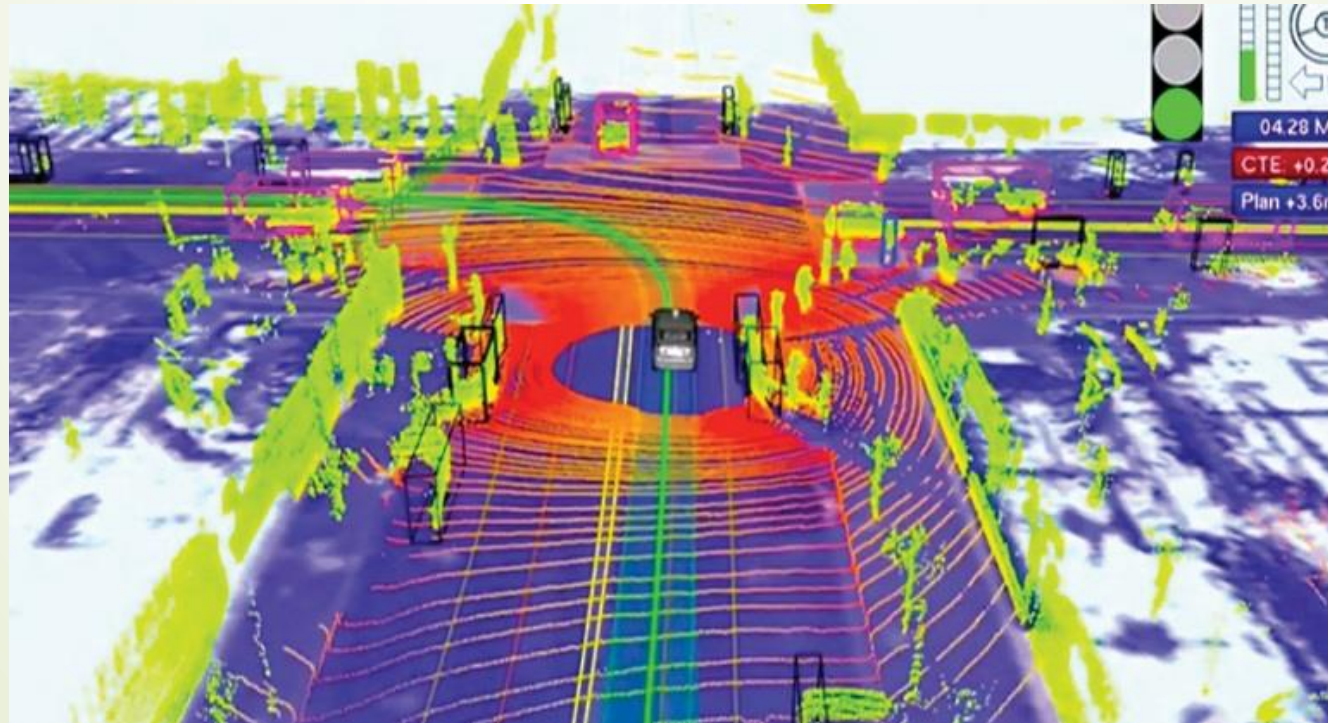
- Horizon électronique limité (environ 200 m)



- Apport d'une carte 2D ou 3D :
 - Planification à long terme
 - Information riche provenant de la carte (panneaux, feux de signalisation)
 - > Facilite la tâche de perception
 - Identification de zones à risques (exemple zone d'accident)

Pourquoi les cartes 3D pour les véhicules autonomes?

- Planification de trajectoire à court terme
 - > Nécessite localisation précise dans la carte 3D (précision < 10 cm)

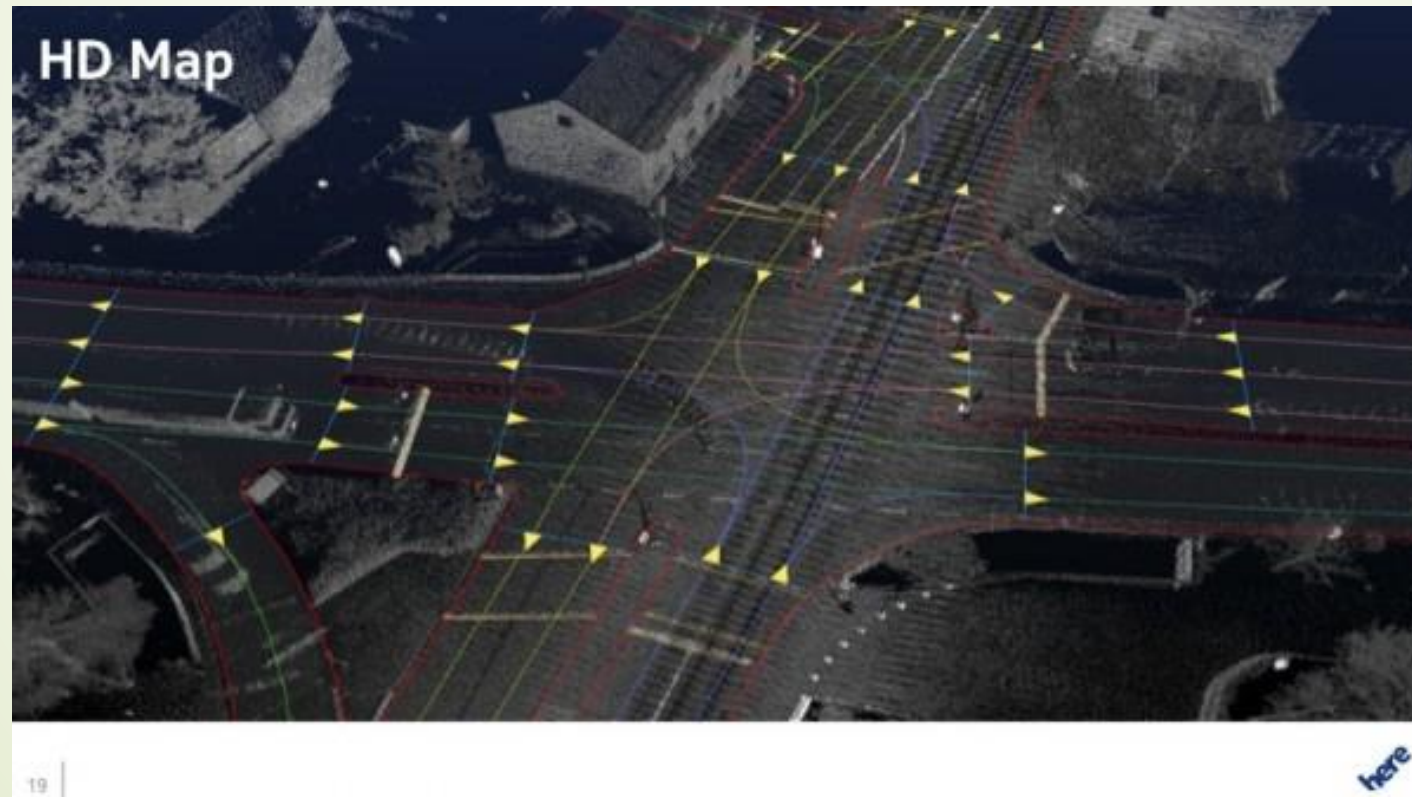


Sommaire

- Contexte du Véhicule Autonome
- Contexte de la cartographie 3D
- Pourquoi les cartes 3D pour les véhicules autonomes ?
- **Extraction de sémantique sur cartes 3D**
- Localisation dans cartes 3D
- Conclusion

Sémantique sur cartes 3D

- Exemple : HERE avec cartes vectorielles HD



Sémantique sur cartes 3D

- Comparaison « Cartes 2D vs Carte 3D »



Sommaire

- Contexte du Véhicule Autonome
- Contexte de la cartographie 3D
- Pourquoi les cartes 3D pour les véhicules autonomes ?
- Extraction de sémantique sur cartes 3D
- **Localisation dans cartes 3D**
 - **Université de Stanford**
 - **Université d'Oxford**
 - **Université de Michigan**
- Conclusion

Comment se localiser en environnement urbain?

- GPS (ne fonctionne pas partout, biais systématique)
- IMU (dérive, IMU de précision très coûteux)
- Caméras (très dépendant de l'illumination de la scène)
- Laser 2D horizontal (limité par obstacles)
- Laser 3D (temps de calcul, comment faire du scan-matching (ICP?))

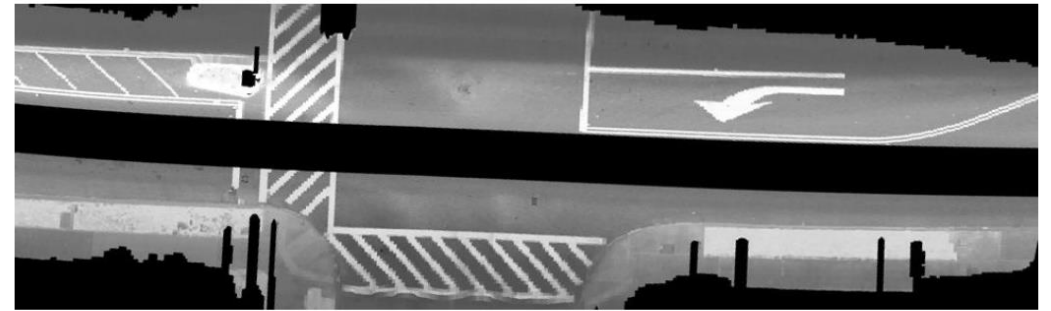
Localisation dans cartes 3D - Stanford

- Université de Stanford – Stanford Autonomous Driving Team
- [Map-Based Precision Vehicle Localization in Urban Environments, Levinson et al., 2008]
 - Génération d'une carte 3D précise (GraphSLAM) avec scanner 2D SICK
 - Détection du sol dans les nuages de points
 - Création d'une carte d'intensité (basé laser donc moins sensible à luminosité ambiante et aux ombres)

Localisation dans cartes 3D - Stanford

- Carte d'intensité du laser
- Résolution de 5 cm
- Robuste aux changements climatique
- Multi-passage pour remplir les trous et alignement offline
- Précision < 10 cm

(a) Map acquired on a sunny day.



(b) Same road segment on a rainy day.



Localisation dans cartes 3D - Stanford

- Université de Stanford – Stanford Autonomous Driving Team
- [Robust Vehicule Localization in Urban Environments Using Probabilistic Maps, Levinson and Thrun, 2010]
 - Nuage de points 3D avec scanner 3D Velodyne 64 (redondance)
 - Carte d'intensité avec dans chaque cellule moyenne et variance
 - > Permet de conserver l'incertitude de certaines parties de la carte
 - Résolution de 15 cm
 - Précision < 10 cm

Localisation dans cartes 3D - Stanford

(a) Average infrared reflectivity.

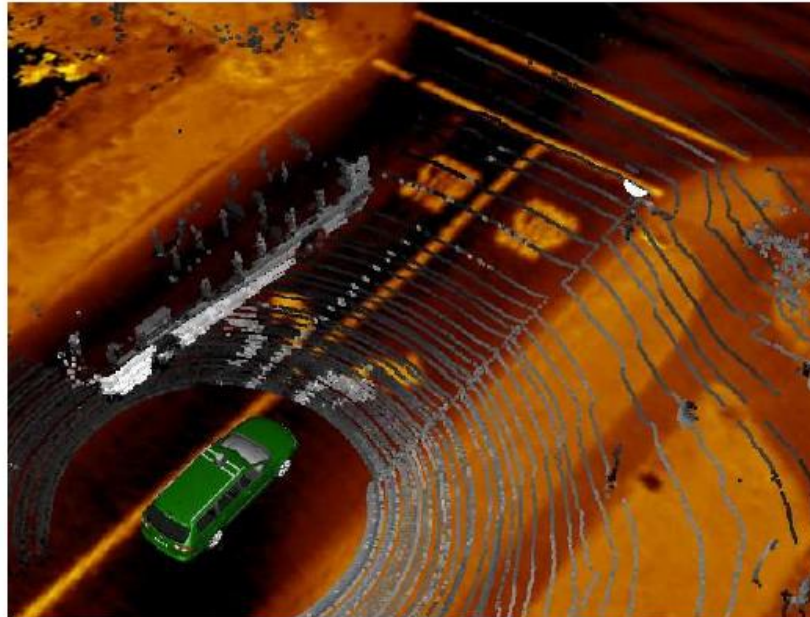


(b) Standard deviation of infrared reflectivity values.

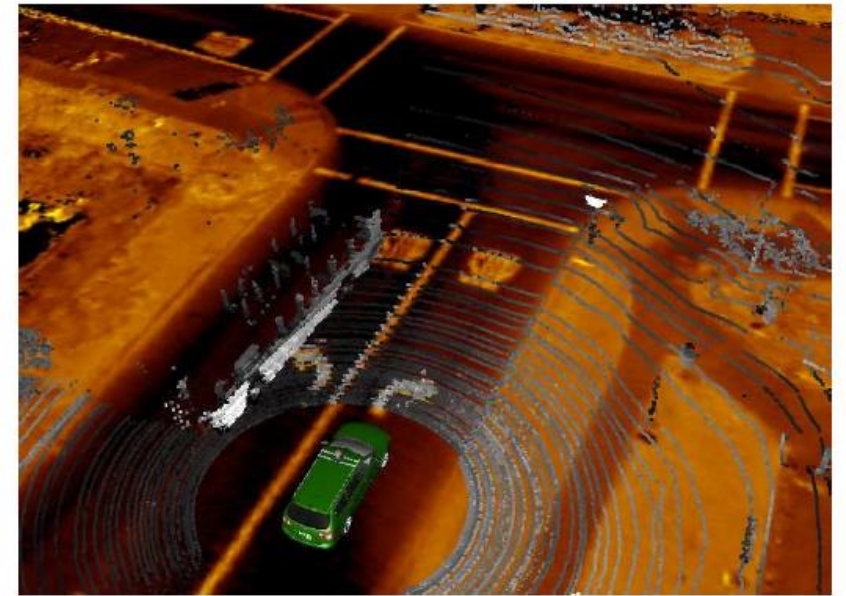


Localisation dans cartes 3D - Stanford

(a) GPS localization induces ≥ 1 meter of error.

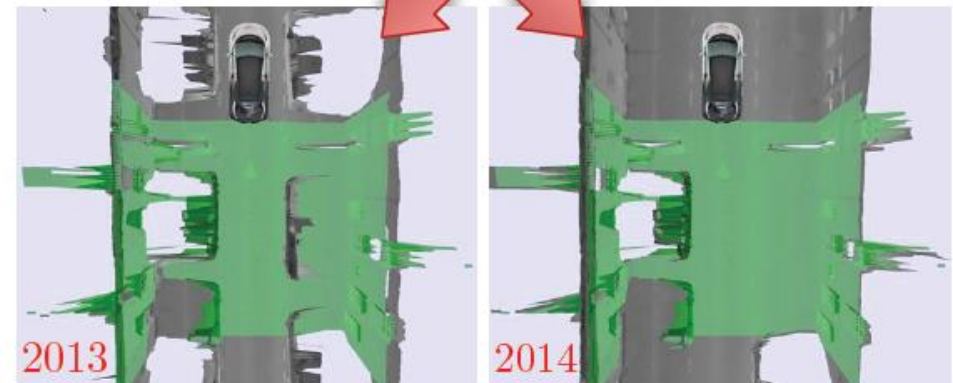
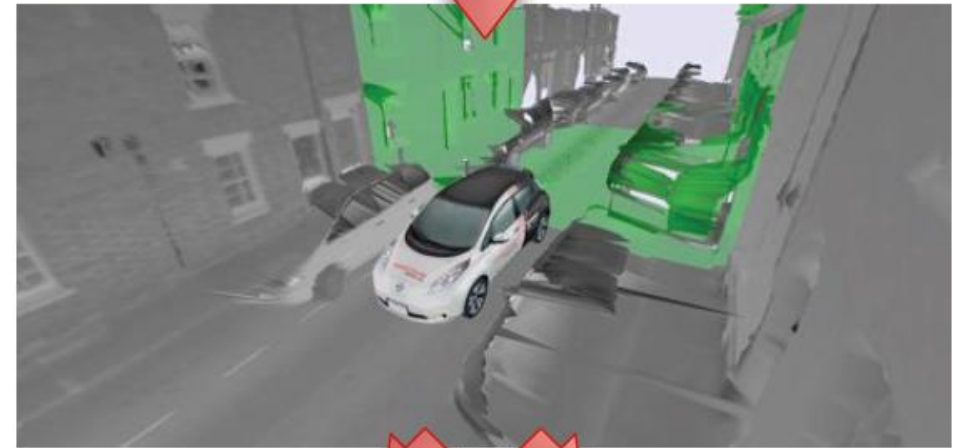


(b) No noticeable error after localization.



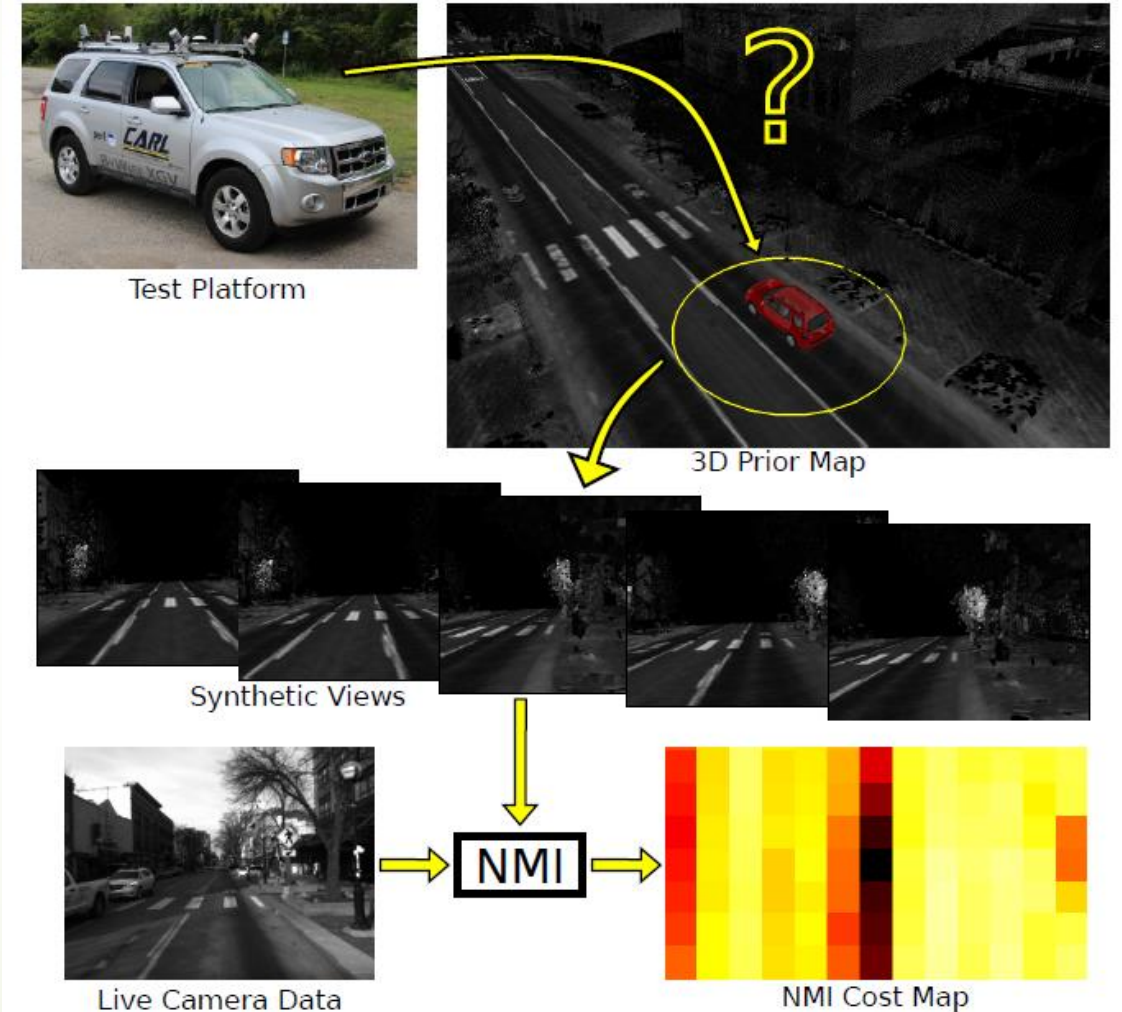
Localisation dans cartes 3D - Oxford

- Université d'Oxford – Mobile Robotics Group
- [Leveraging Experience for Large-Scale LIDAR Localisation in Changing Cities, Maddern et al., 2015]
 - Laser 2D (SICK) + odométrie = carte 3D locale
 - Détection du sol
 - Projection sur le plan du sol dans une grille hauteur et intensité des points laser
 - Précision < 40 cm



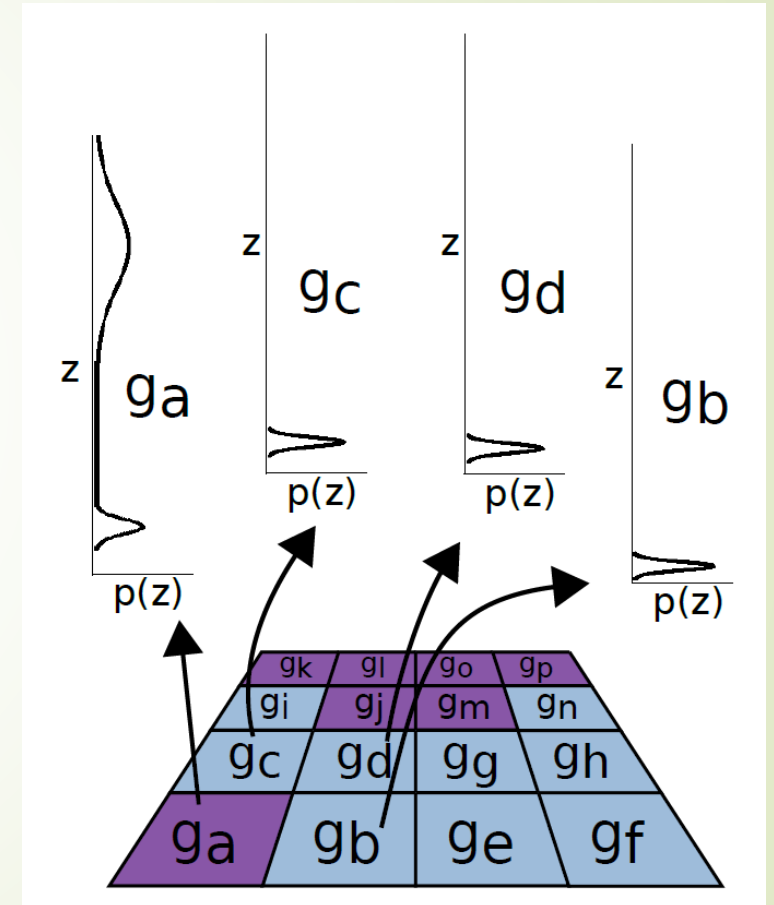
Localisation dans cartes 3D - Michigan

- Université du Michigan – Perceptual Robotics Laboratory
- [Visual Localization within LIDAR Maps for Automated Urban Driving, Wolcott and Eustice, 2014]
 - Création de la carte avec Velodyne 32
 - Utilisation d'une caméra pour la loc
 - Comparaison image caméra avec rendu opengl de la carte 3D
 - Précision < 20 cm



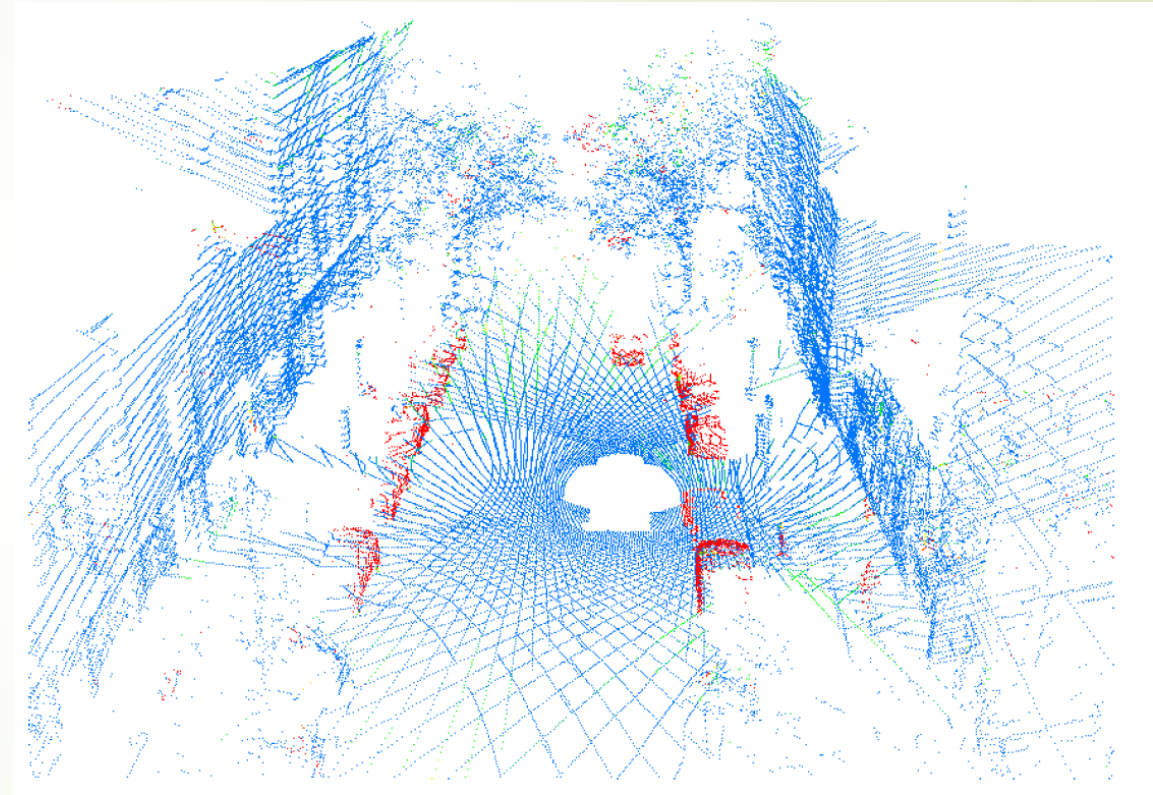
Localisation dans cartes 3D - Michigan

- Université du Michigan – Perceptual Robotics Laboratory
- [Fast LIDAR Localization using Multiresolution Gaussian Mixture Maps, Wolcott and Eustice, 2015]
 - Création grille de GMM en z provenant de données Velodyne 32 (résolution de 20 cm)
 - Alignement par log-vraisemblance d'un nuage de points
 - Robuste aux changements climatiques
 - Précision < 15 cm

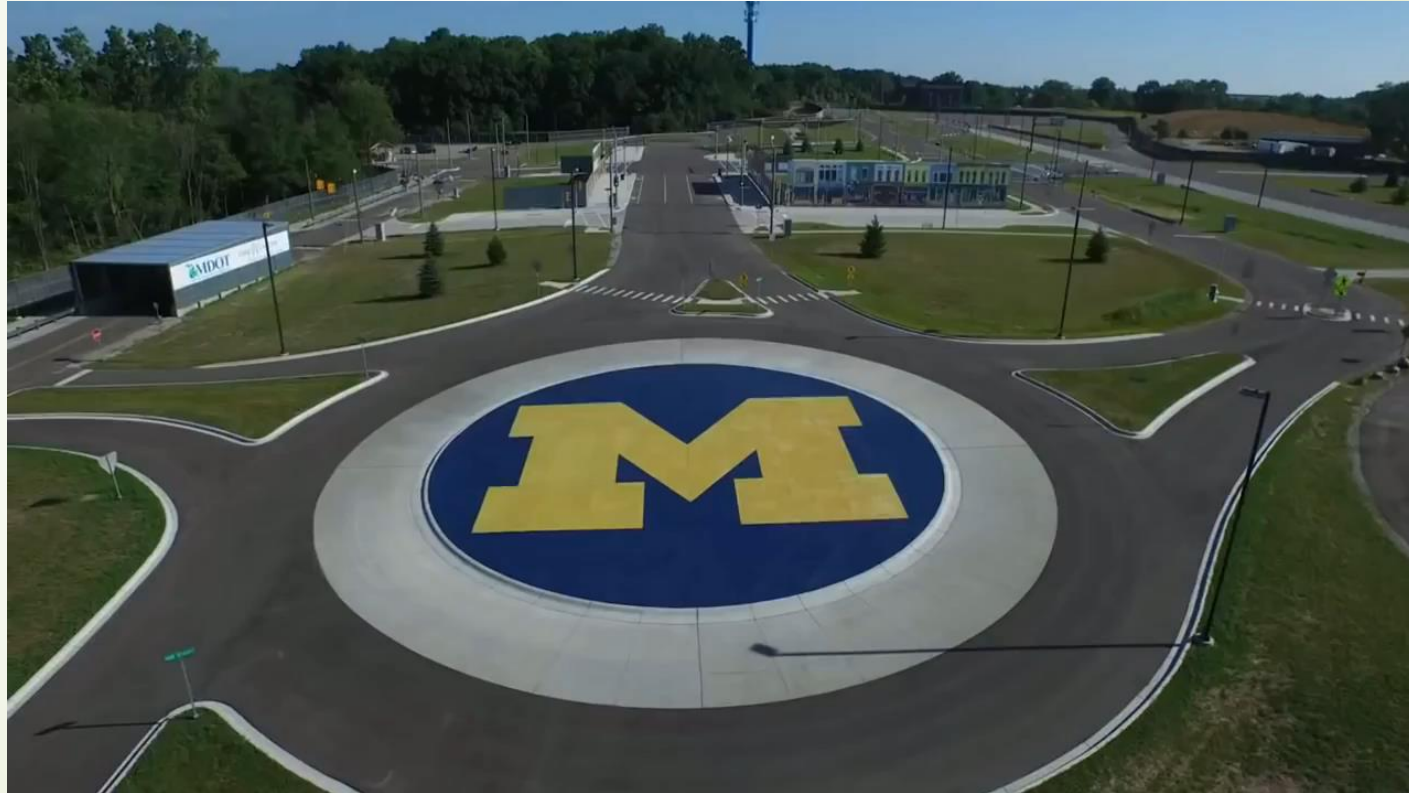


Localisation dans cartes 3D - Michigan

- ▀ Représentation de la distance de Mahalanobis entre un scan et la carte 3D (bleu : proche, rouge : distant)
 - > Permet de faire de la détection d'obstacle



Localisation dans cartes 3D - Michigan



Localisation dans cartes 3D - Michigan



Conclusion

- Intérêt de travailler sur des cartes 3D
- Travaux de recherche :
 - Outils automatique d'extraction d'infos à partir de cartes 3D
 - Détection de panneaux, feux de signalisation
 - Extraction de voies navigables
 - Améliorer les techniques de localisation temps réel