

# Robotique Mobile

## 08 - Navigation utilisant une carte

David Filliat  
Alexandre Chapoutot  
Goran Frehse

[prenom.nom@ensta-paris.fr](mailto:prenom.nom@ensta-paris.fr)

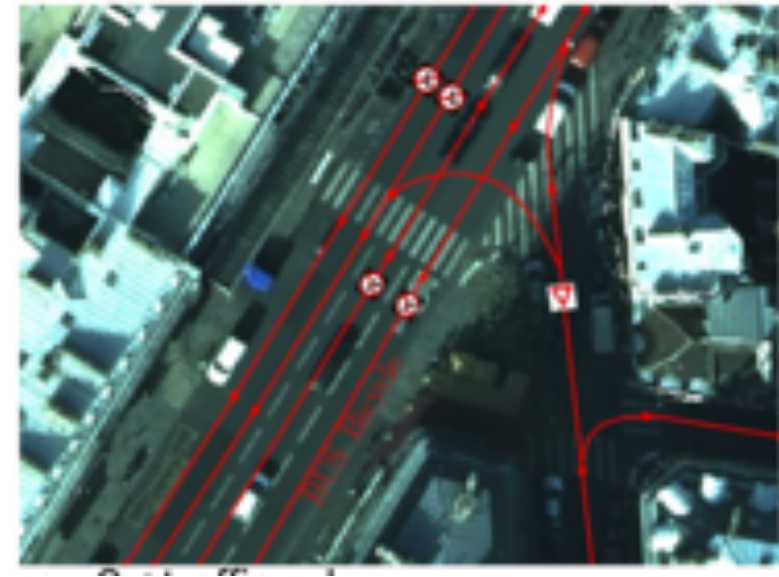
## Navigation réactive

- Champ d'application restreint
- Très rapide
- Robuste (potentiellement ...)



## Navigation utilisant une carte

- Construction d'un modèle de l'env.
- Planification de déplacements à long terme



Carte :

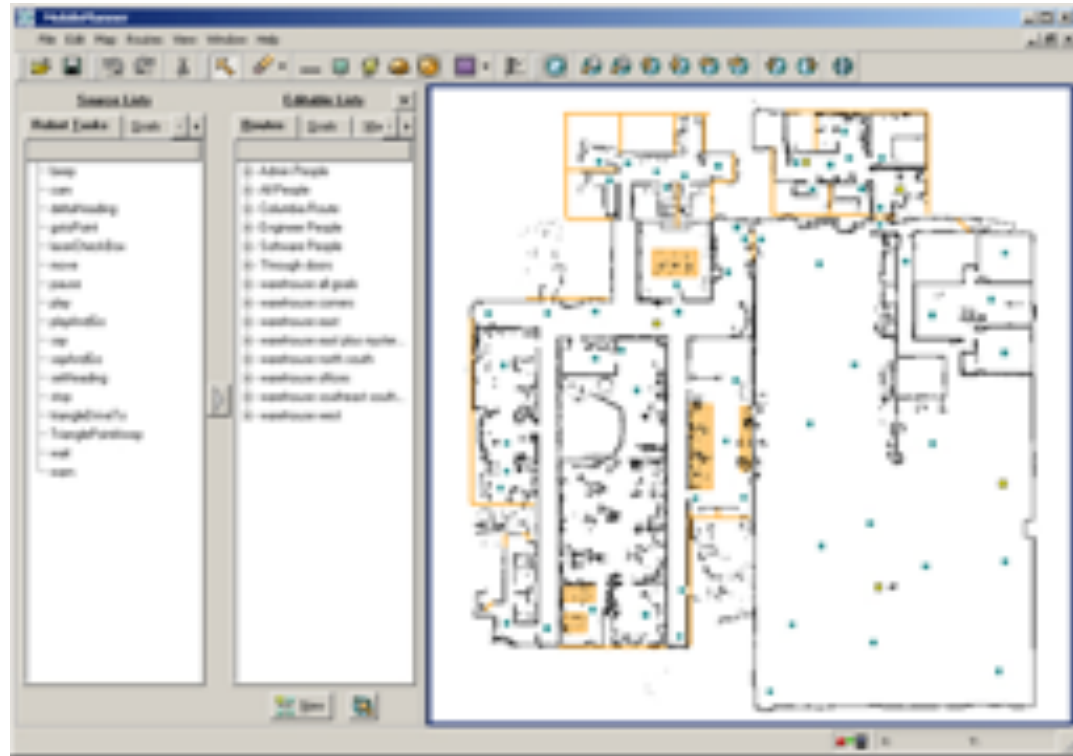
Modèle interne de l'environnement

Mémore *sous diverses formes* les informations proprioceptives  
et les perceptions

Permet de relier des perceptions à une position

- pour compenser la dérive de la proprioception
- pour résoudre le perceptual aliasing

- Pour repérer le robot, planifier des chemins
- Pour donner une vision globale à l'opérateur
- Pour la carte elle-même (relevé de plan d'architecte)



## Connaissance de l'environnement

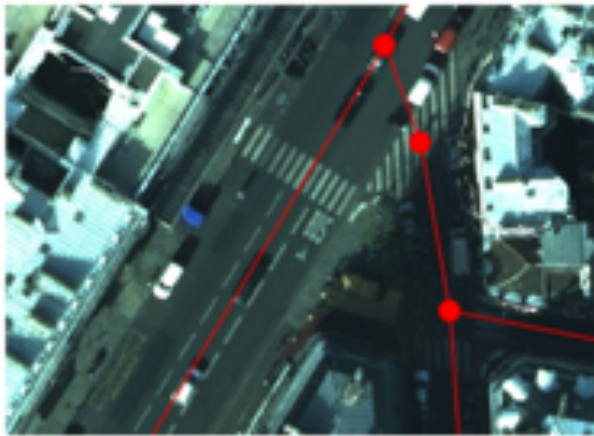
- Ex : cartographie 3D, Mobile Mapping Systems



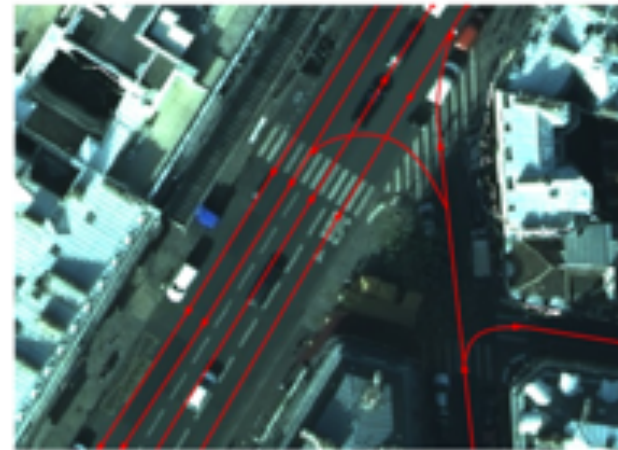


## Connaissance de l'environnement

- Ex: cartes routières, pouvant être adaptées au véhicule autonome



1) Linear graph (macro-scale topology / geometry)



2) Linear graph (micro-scale topology / geometry)



3) Niveau 2 + traffic rules



4) Graphe des surfaces (échelle micro + règles de trafic)

## Cartographie

- Construction de la carte

## Localisation

- Estimer la position du robot dans une carte connue

## Planification

- Calculer un chemin de la position courante jusqu'au but

Cartographie  Localisation



Robot autonome : Cartographie et localisation simultanée (**SLAM**)



## Environnement plan (2D)

- plan de coupe d'un télémètre laser
- mobilité simplifiée

## Environnement statique (mais bruité)

- pas de modélisation de portes ouvertes/fermés
- mais présence d'obstacles dynamiques possible (personnes, mobilier...) -> bruit

## Estimation séparée de la position et de la direction

- notamment pour cartes topologiques (vision panoramique)
- pour des plates-formes holonomes
  - > boussole, gyroscopes, recalage

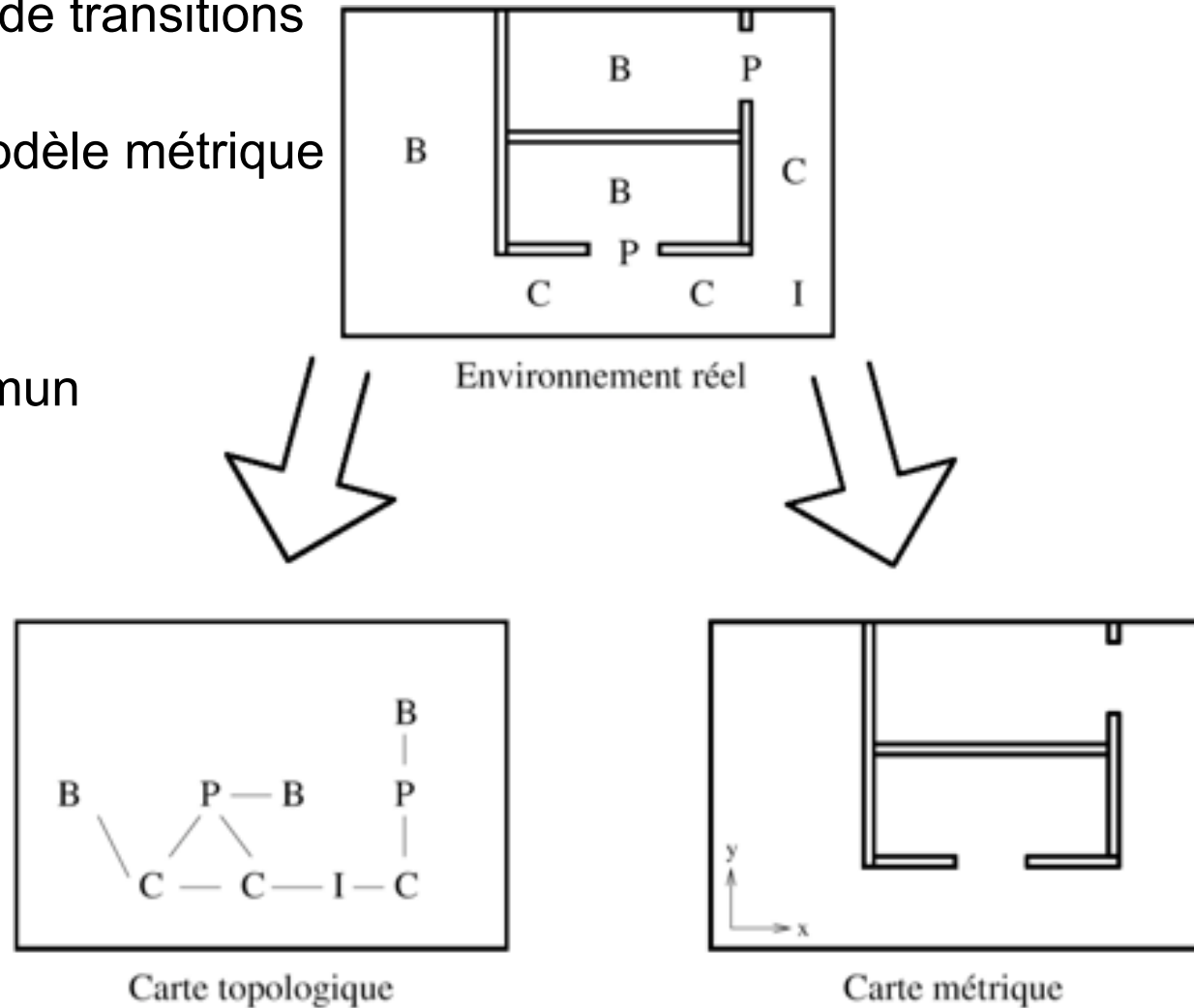
# Représentations de l'environnement

### Cartes topologiques

- Graphe de lieux et de transitions entre lieux
- perception sans modèle métrique

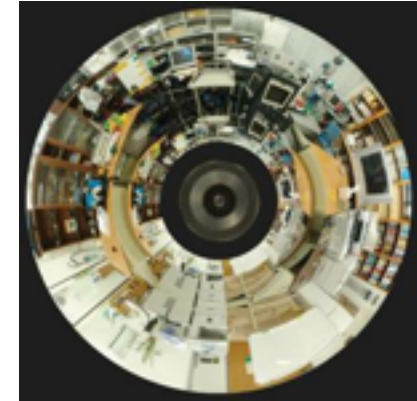
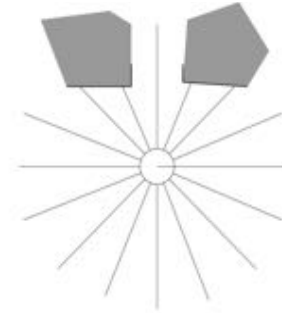
### Cartes métriques

- Ensemble d'objets dans un espace commun
- perception avec modèle métrique



## Nœuds définis par des perceptions

- Image panoramique
- Scan laser
- Configuration des murs



## Nœuds placés selon différents critères .

- Correspondant à des perceptions données (porte, intersection...)
- Espacement régulier
- Classification non supervisée (ajout de nœud quand les perceptions ont assez changé)

## Liens définissant un moyen de transition entre lieux

- Procédure à suivre (comportement, suivi de couloir...)
- Position relative
- Implicite par définition de la position des nœuds

## Avantages :

- Discrétisation pour la planification
- Proche des données capteurs
- Utilisation de capteurs sans modèles métriques
- Séparation des info proprioceptives et des perceptions (cartographie)
- Localisation grossière, mais rapide

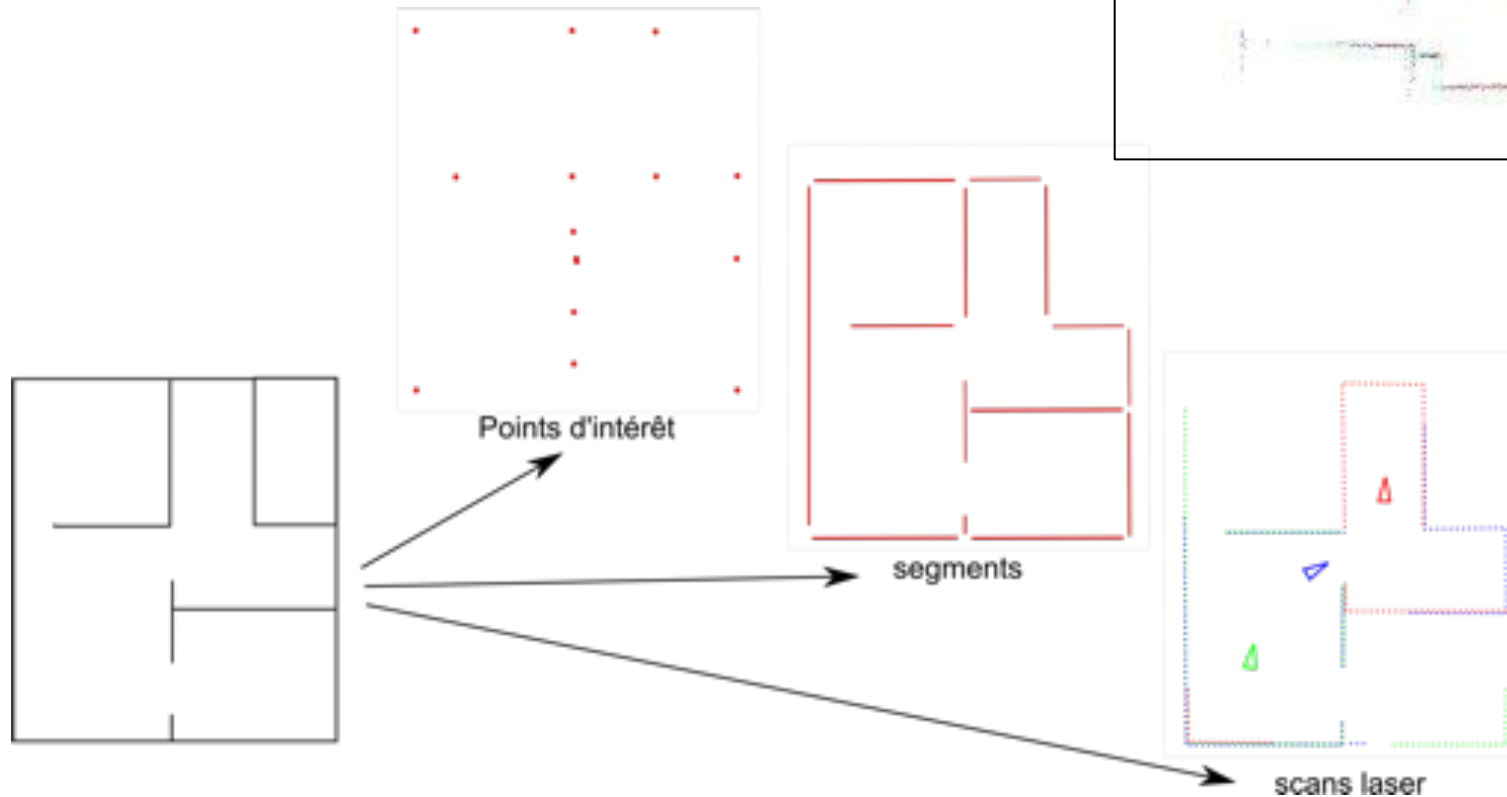
## Inconvénients :

- Séparation des info proprioceptives et des perceptions (localisation)
- Pas d'information sur les lieux non visités
- Pb de « perceptual aliasing » -> construction difficile
- Représentation très liée à un robot particulier



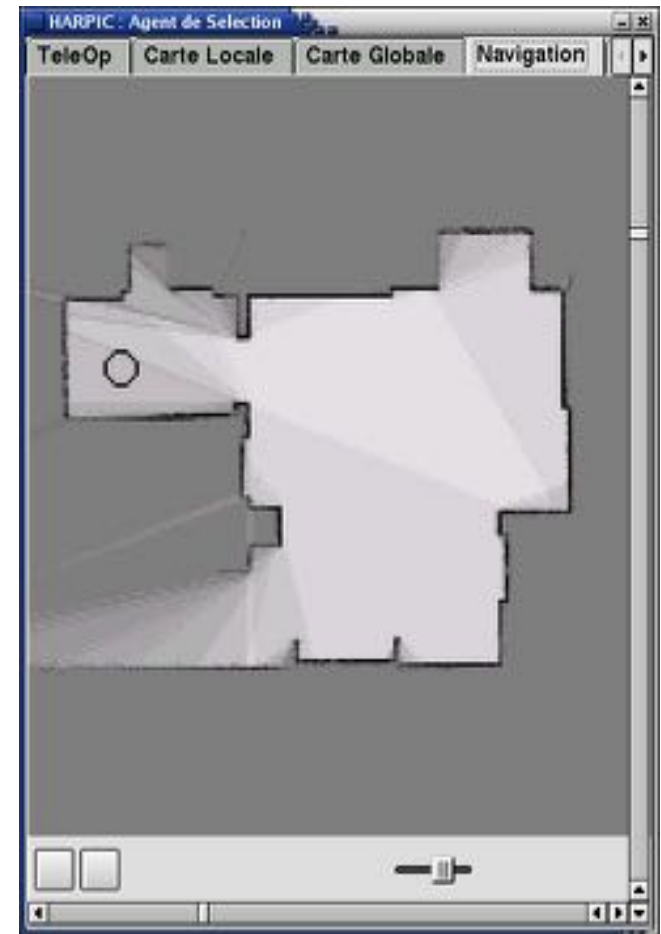
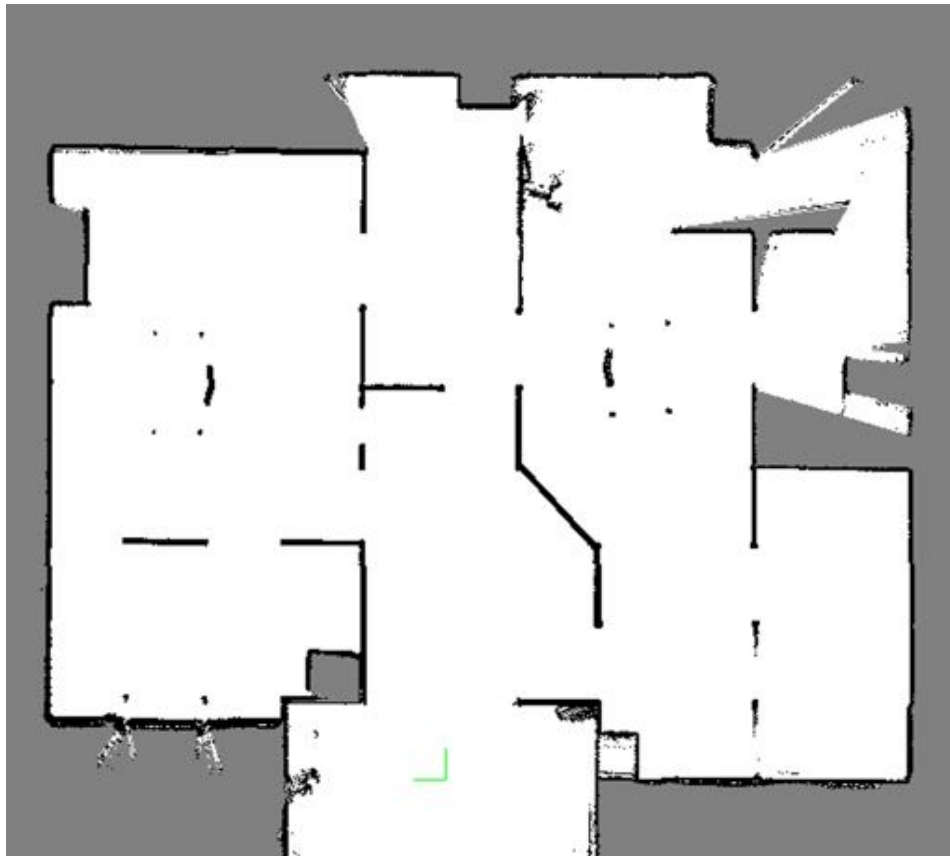
## Ensemble d'objets dans un repère commun

- Points, segments, polygones ....
- Scans laser



## Ensemble d'objets dans un repère commun

- Espace libre (grille d'occupation)



## Avantages

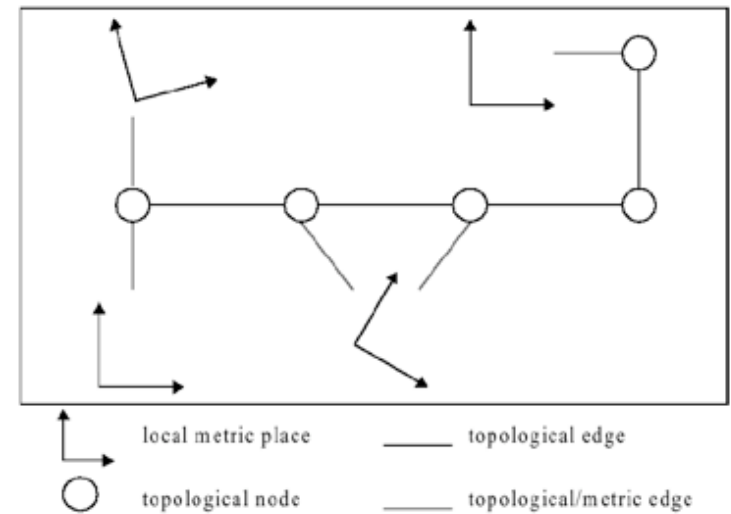
- Représentation de lieux non visités (mais « vus » de loin)
- Utilisation de la géométrie
- Localisation précise
- Représentation indépendante du robot (utilisation d'un modèle métrique)

## Inconvénients

- Planification moins directe que pour les cartes topologiques
- Nécessite un modèle métrique
- Fusion au sein d'un même espace -> difficulté de modifications futures

## Représentations mixtes (topo-métrique)

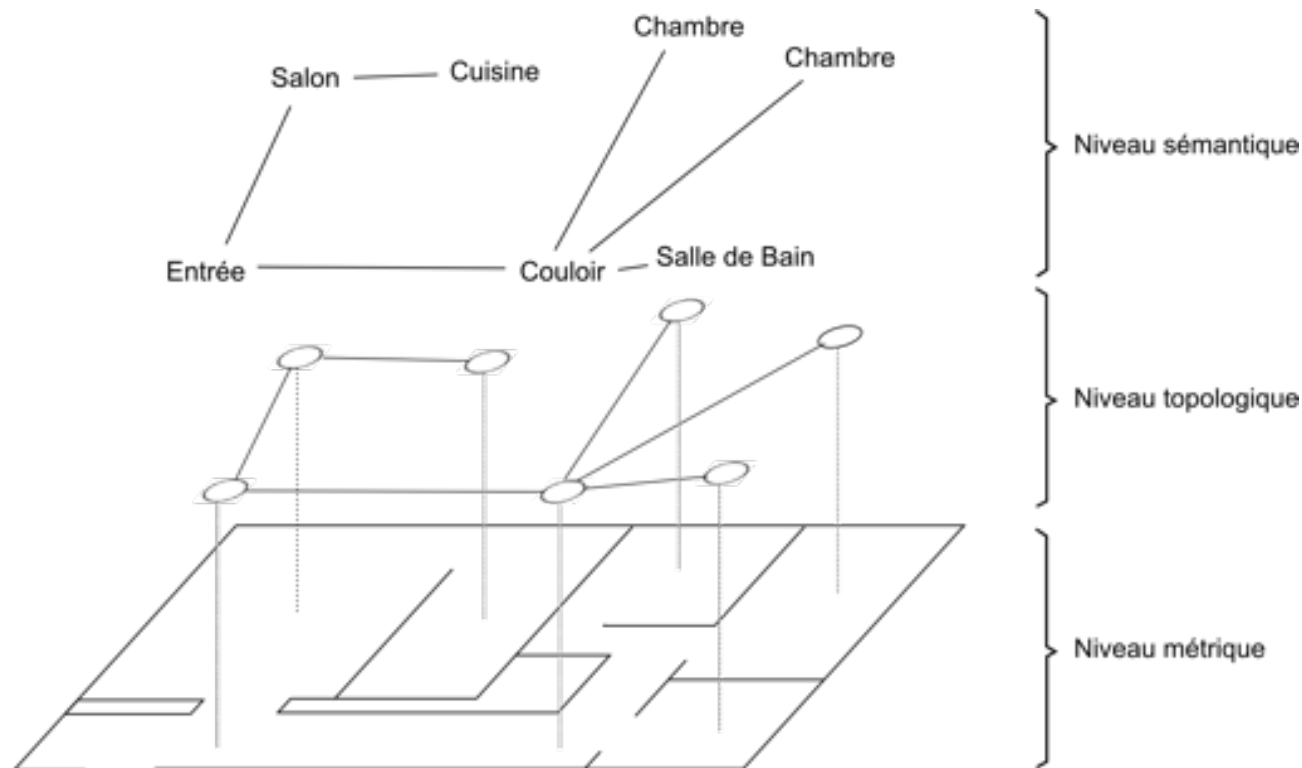
- Nœuds (images) avec positions relatives métriques



- Nœuds = cartes métriques locales

## Hiérarchies de représentations

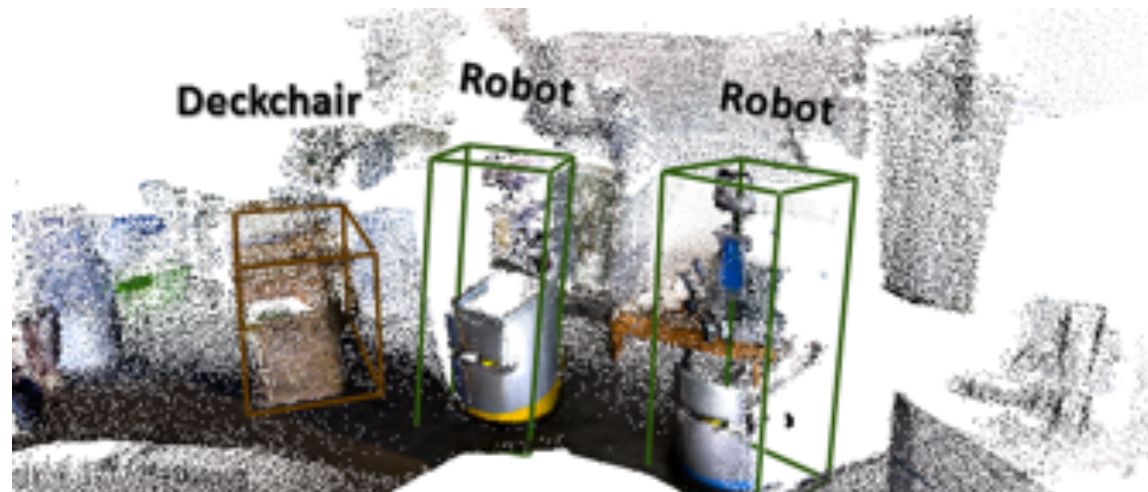
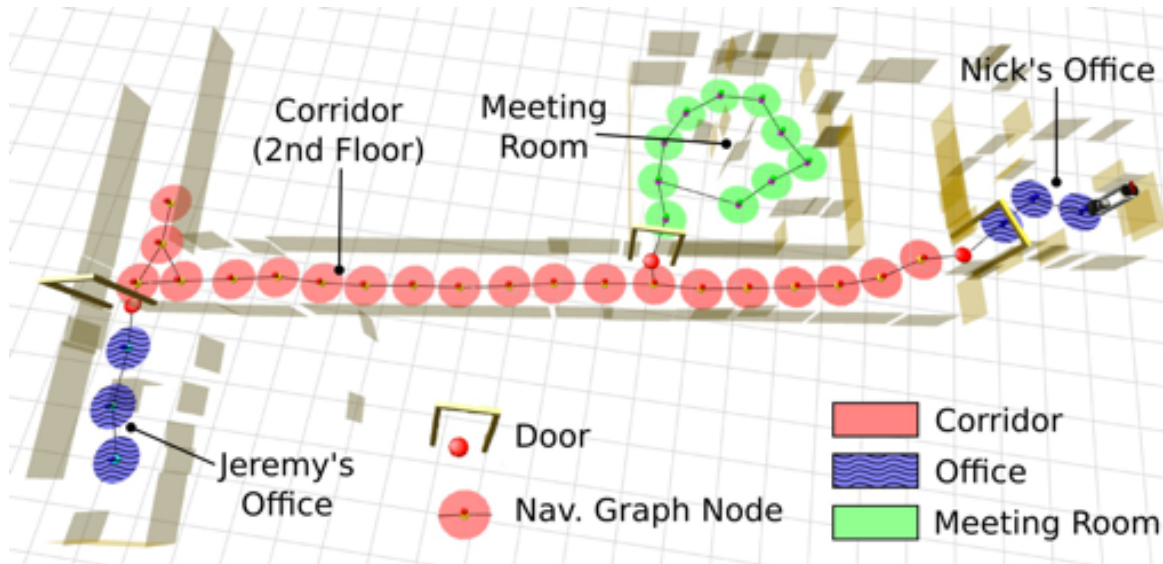
- Métrique
- Topologique
- Sémantique (type de lieux, objets ...)





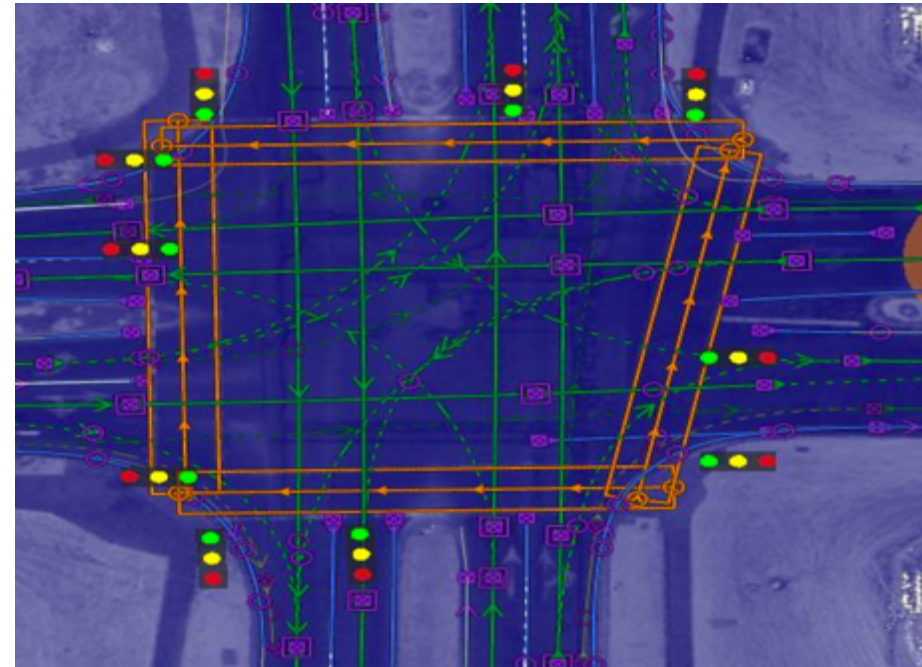
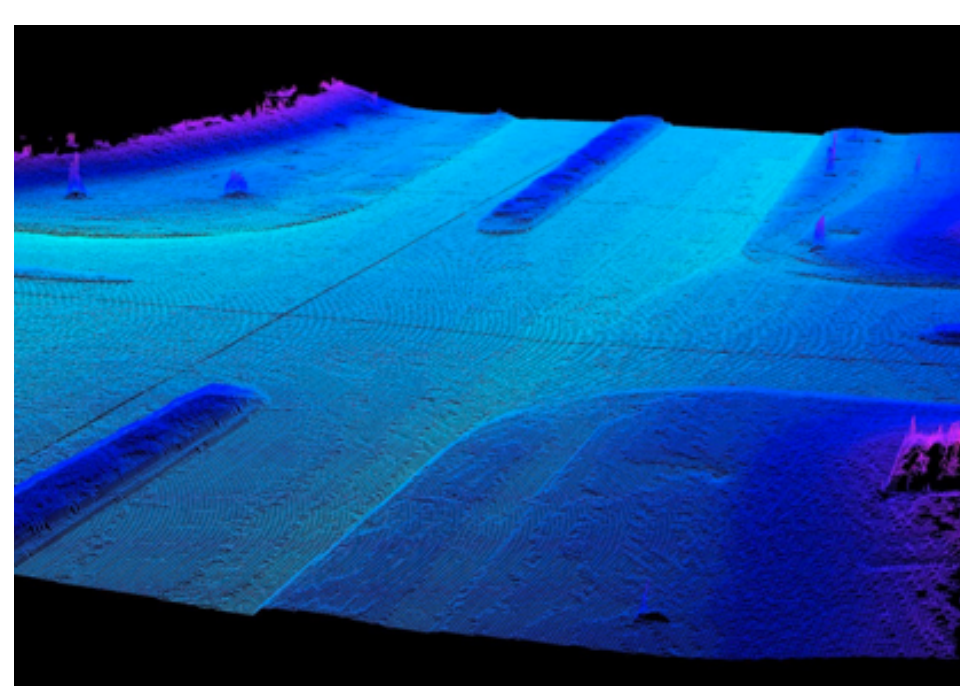
## Cartes Sémantiques

A. Pronobis



## Waymo HD map

- Nuage de points, doit permettre de se localiser à 10 centimètres
- Infos topologiques sur les routes, les intersections ...
- Info sémantiques des feux, panneaux, priorités ...
- Construit semi-automatiquement à partir de véhicules non autonomes



## Navigation utilisant une carte - En résumé

- Les cartes sont des modèles internes de l'environnement qui relient perceptions et proprioceptions, utilisées pour la navigation mais aussi pour d'autres applications
- Trois problèmes : **Cartographie, Localisation et Planification**
- Cartographie et Localisation sont inter-dépendantes, on parle de **Simultaneous Localization and Mapping (SLAM)**
- Deux types de cartes principaux : **topologique et métrique** avec des nombreux intermédiaires et éventuellement des informations sémantiques