



Les véhicules Autonomes : le cas des navettes.



Michel DHOME
06 700 150 71
michel.dhome@uca.fr

Sommaire de la présentation



- Contexte – LabEx IMobS³
- Origines et Motivations
- Odométrie visuelle
 - Principe & modélisation
 - Exemples
- Application : Navigation Autonome (Projet VIPA / EZ'10)
- Dernières avancées scientifiques
- Conclusion

Sommaire de la présentation



- Contexte – LabEx IMobS³
 - Origines et Motivations
 - Odométrie visuelle
 - Principe & modélisation
 - Exemples
 - Application : Navigation Autonome (Projet VIPA / EZ'10)
 - Dernières avancées scientifiques
 - Conclusion

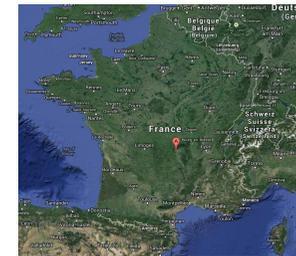
Le Laboratoire d'Excellence IMobs³



PROJET COLLABORATIF D'ENVERGURE DANS LA CADRE DU PIA (10 ANS)

UN THÈME CENTRAL : *Mobilité Innovante*

UN SITE UNIQUE : *Clermont-Ferrand*



UN LABEL PRESTIGIEUX : *Laboratoire d'Excellence*

PLUSIEURS PARTENAIRES LOCAUX :



www.imobs3.univ-bpclermont.fr



THÈME PRINCIPAL D'IMOB S3: la MOBILITÉ INNOVANTE

OBJECTIF : *Développer des briques technologiques efficaces et respectueuses de l'environnement pour la **mobilité des personnes, des biens et des machines** en traitant aussi bien les aspects technologiques, qu'organisationnels, environnementaux et sociétaux.*



CUTTING-EDGE
RESEARCH

Recherche de haut niveau

TECHNOLOGICAL
TRANSFER

Transfert de technologies

EDUCATION

Formation



Partenariat & Éléments de Budget



LABORATOIRES

- *Institut Pascal (mécanique, automatique, CEM, procédés, photonique)*
- *LIMOS (informatique et aide à la décision)*
- *Irstea (robotique agricole et systèmes complexes)*
- *ICCF (matériaux inorganiques)*
- *CEREMA - DLCF (sécurité)*
- *LM (mathématiques)*
- *LAPSCO (acceptabilité par l'utilisateur)*
- *ACTé (ergonomie)*

COMMUNAUTÉ SPI

COMMUNAUTÉ SHS

BUDGET MOYEN ANNUEL ≈ 1,4 M€ (ANR, FEDER ET CONSEIL RÉGIONAL AUVERGNE)

2011-2018



46 Visiteurs étrangers (78 mois)
62 Thèses
30 Bourses Post-doctorale
62 Bourses Master 2



robotex

Up to date equipments



Projet phare : Navette autonome



- **VIPA NHE (Projet Eco-Cité – PIA₁) :**

test grandeur nature de 6 mois

Consortium : AUTOMOBILE LIGIER, APOJEE, IMOBS₃



- **VIPA FLEET (FUI₁₄) :** *déployer une flotte de VIPA sur le site recherche MICHELIN à Ladoux en 2015 – Mode Tram + Mode Taxi*

Consortium : AUTOMOBILE LIGIER, EXOTIC SYSTEMS, IMOBS₃ (IP, LIMOS, LAPSCO, ACTE), MICHELIN - Montant : 5,3 M€

- **EZ₁₀ :** *suite au retour d'expériences, design d'un nouveau véhicule (10 places)*

Consortium : EASYMILE – LIGIER GROUP, ROBOSOFT, MICHELIN



GRANDS RDV :

Mondial de l'Auto – Challenge Bibendum – Exposition Universelle



Sommaire de la présentation



- Contexte – LabEx IMobS³
- Origines et Motivations
- Odométrie visuelle
 - Principe & modélisation
 - Exemples
- Application : Navigation Autonome (Projet VIPA / EZ'10)
- Dernières avancées scientifiques
- Conclusion

Origines et Motivations



Véhicule VAMORS (Dickmanns - 1985)



Les véhicules expérimentaux européens
(Turin 1991)

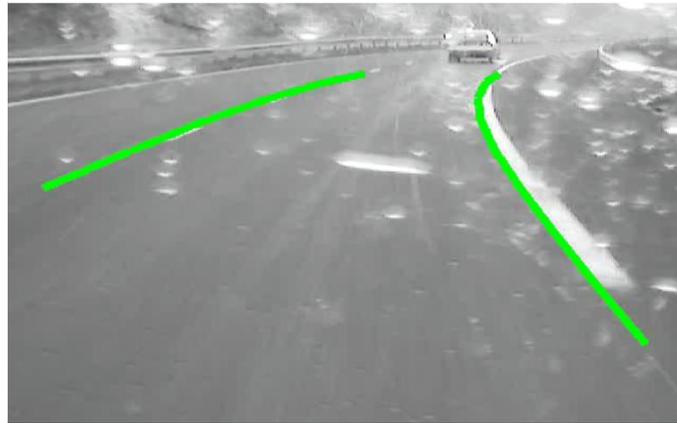


Institut Pascal : Prolab 1



Institut Pascal : Prolab 2

Origines et Motivations



Depuis plus de 20 ans (Eureka Prometheus), l'Institut Pascal travaille avec les grands constructeurs automobiles (Renault, PSA, Daimler-Benz).

Exemple d'études menées : franchissement de lignes blanches, surveillance de l'inter-distance avec le véhicule précédent...).

Origines et Motivations

Driver assistance systems
11/11



ADAS : Airbags, ABS, ESP, barrières ultrasonores, Franchissement de lignes blanches, parking automatique, ACC...

Origines et Motivations



Plateforme PAVIN



Véhicule électrique CYCAB

En 2002, décision d'adresser le thème des « véhicules électriques autonomes » afin de disposer d'une vitrine expérimentale pour les recherches en vision par ordinateur, fusion multi-sensorielle et contrôle/commande des robots.

Motivation : Urbanisation & Accidentologie



Depuis 2007, population mondiale urbaine majoritaire
Exploitation d'un véhicule particulier 5% du temps
Mobilité urbaine 10% production de gaz à effet de serre
... mais également l'accidentologie (humain = maillon faible)

Origines et Motivations



LOCALISATION

Où est le véhicule ?

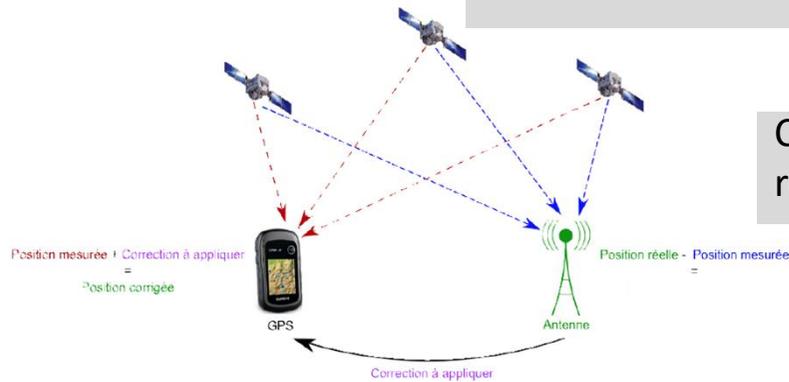


COMMANDE

Respecter des consignes d'accélération, de freinage et d'angle au volant

Véhicule Autonome

Capteur de localisation très souvent retenu le DGPS (GPS différentiel)



Origines et Motivations



Vers l'autonomie : Univ. de Berlin (capteurs très onéreux – télémètre laser)

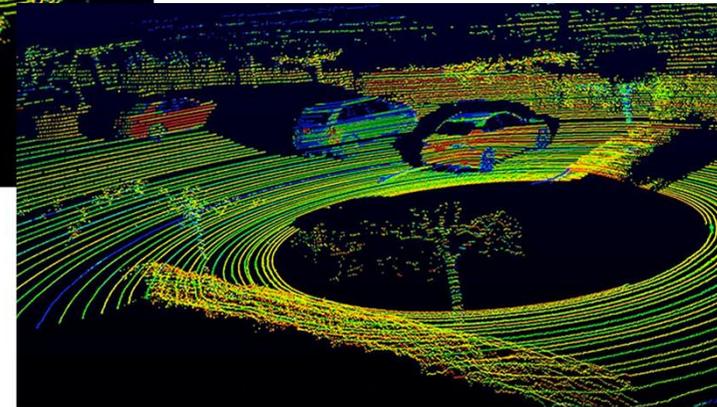
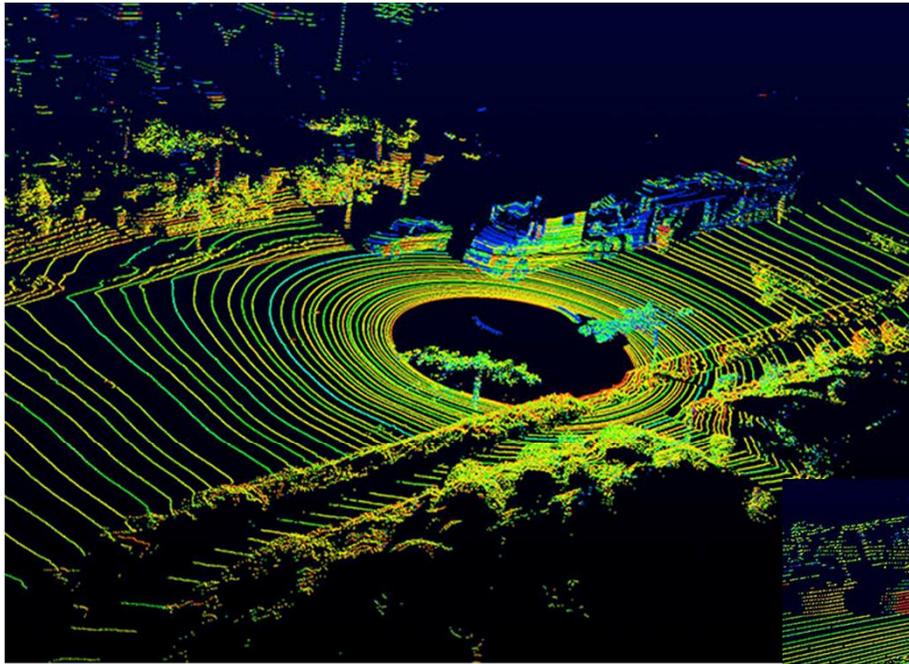
Nouveau acteur : vers le véhicule autonome



Lidar Velodyne (64 nappes)

Vers l'autonomie : la google car (capteurs très onéreux – télémètre laser)

Le capteur velodyne 64 nappes



Lidar Velodyne (64 nappes) : nuage de points 3D dense



la niche des « navettes autonomes »



Volcan'Bul
Parc Vulcania
Capteur DGPS



Les navettes autonomes :

un cas compliqué car absence du poste de pilotage

.... mais déploiement dans des environnements protégés !!!

la niche des « navettes autonomes »



Induct (DGPS + plans laser + ultrasons) – entreprise disparue



la niche des « navettes autonomes »



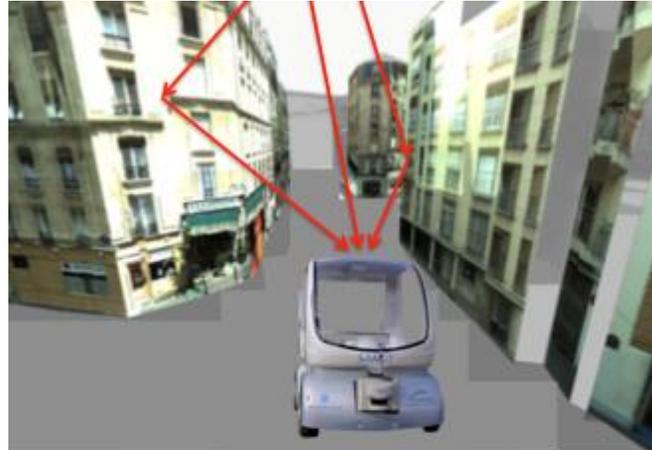
Navya (Lidar Velodyne)



Véhicule EZ'10 / EasyMile - Ligier

la niche des « navettes autonomes »

Constat : Le DGPS ne s'avère pas être la solution idéale ...



Problèmes rencontrés :

- la constellation satellitaire doit être bien configurée pour obtenir la précision requise
- l'effet canyon urbain avec des réflexions multiples du signal.

Le laboratoire se propose de relever le défi de la mise au point d'une solution frugale donc à très bas coût.



Sommaire de la présentation



- Contexte – LabEx IMobS³
- Origines et Motivations
- **Odométrie visuelle**
 - Principe & modélisation
 - Exemples
- Application : Navigation Autonome (Projet VIPA / EZ'10)
- Dernières avancées scientifiques
- Conclusion

Sommaire de la présentation



- Contexte – LabEx IMobS³
- Origines et Motivations
- Odométrie visuelle
 - Principe & modélisation
 - Exemples
- Application : Navigation Autonome (Projet VIPA / EZ'10)
- Dernières avancées scientifiques
- Conclusion

Odométrie Visuelle : Principe



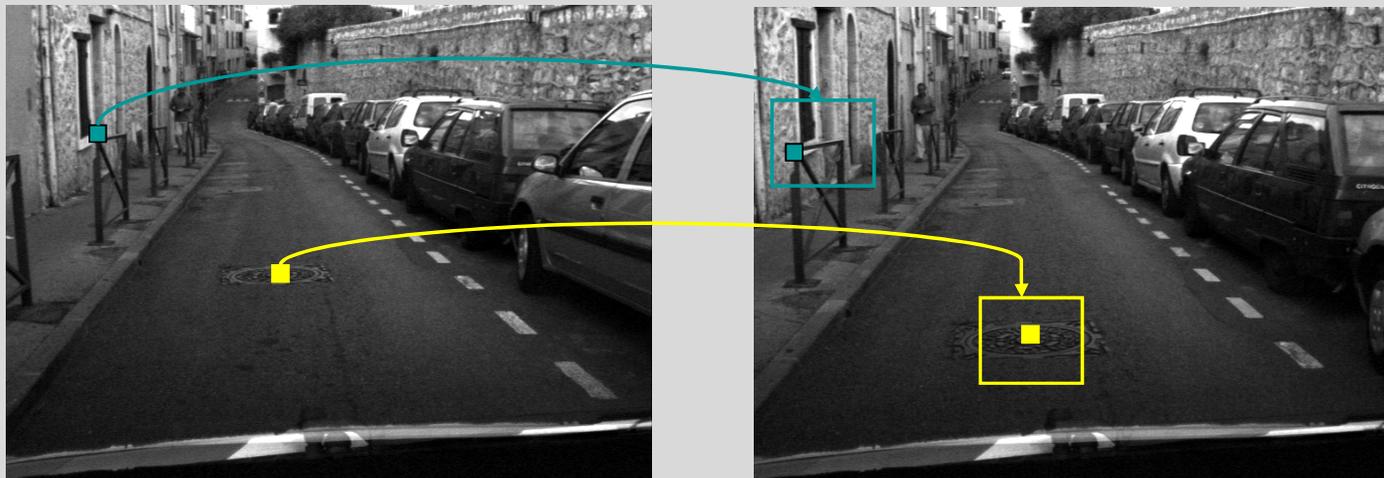
Définition : en utilisant uniquement comme « donnée initiale » une séquence vidéo acquise par une caméra en mouvement, est – il possible de retrouver automatiquement la trajectoire suivie par cette dernière ?



Reconstruction 3D : mise en correspondance

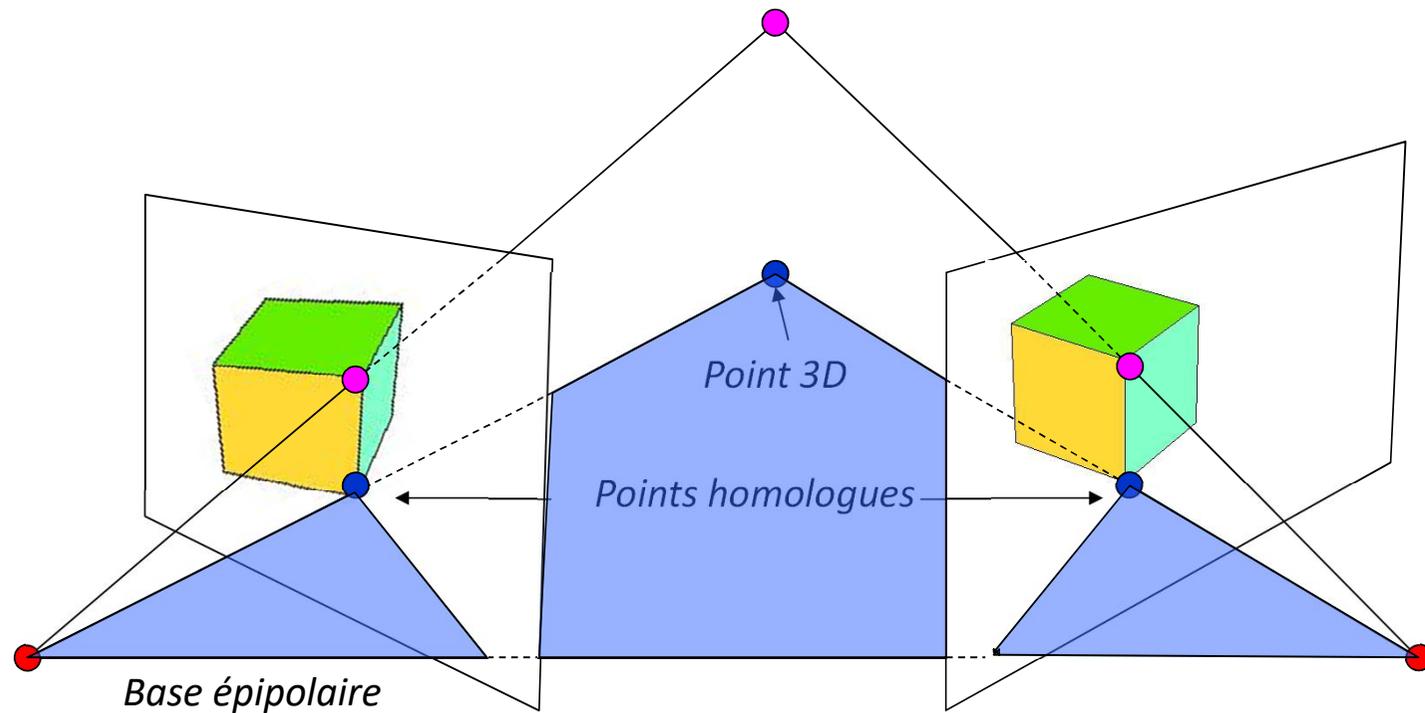
Recherche des points homologues (projection d'un même amer visuel / entité physique caractéristique) dans différentes images

- Détection de points d'intérêt de Harris (1500 par image)
- Calcul de corrélation ZNCC (fenêtres 11x11 pixels)

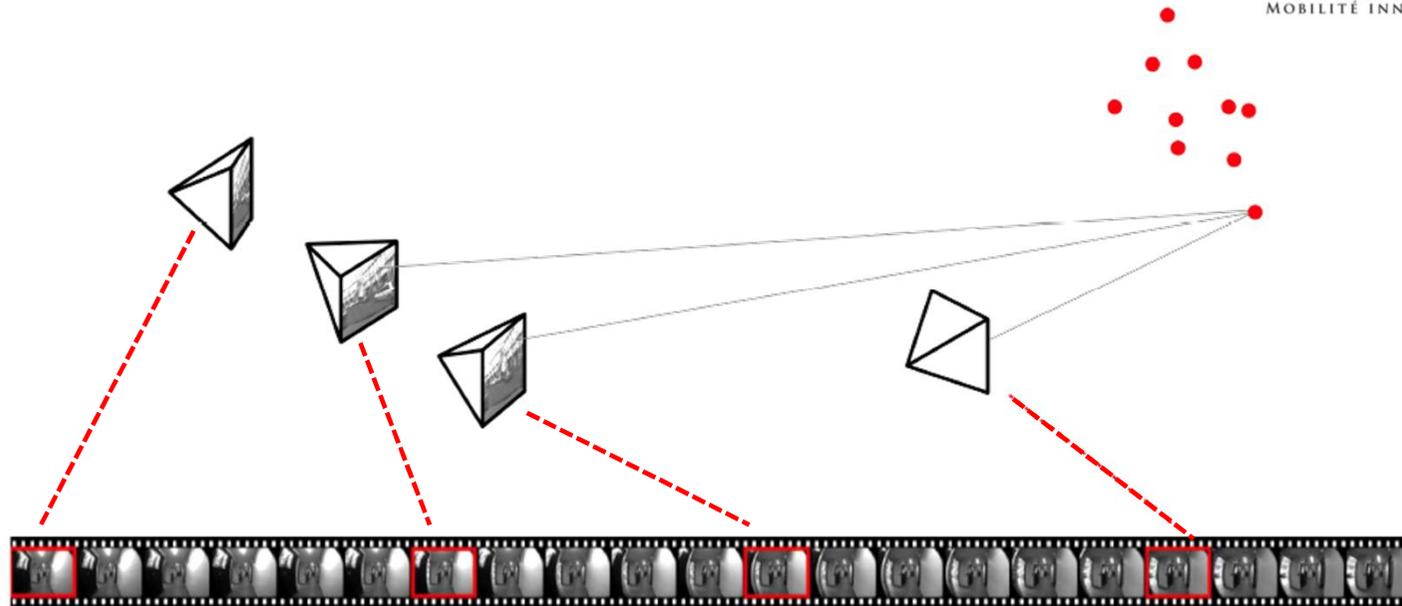


Notion de stéréovision (triangulation)

Si le positionnement relatif des caméras est connu, il y a possibilité de reconstruire des points 3D par triangulation à partir des couples de points homologues..



Ajustement de Faisceaux : Principe



Objectif : estimation automatique des positions successives de la camera (6 degrés de liberté) et des amers visuels caractéristiques (3 degrés de liberté)

Sommaire de la présentation



- Contexte – LabEx IMobS³
- Origines et Motivations
- Odométrie visuelle
 - Principe & modélisation
 - Exemples
- Application : Navigation Autonome (Projet VIPA / EZ'10)
- Dernières avancées scientifiques
- Conclusion

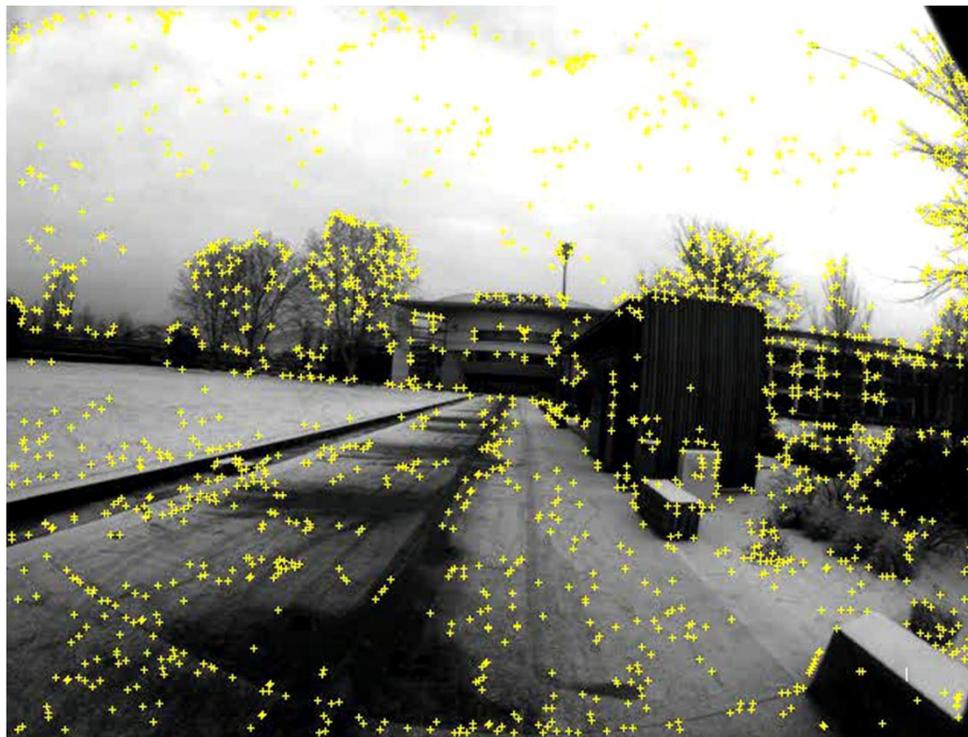
Odométrie visuelle : vidéo de référence



Séquence vidéo initiale : apprentissage en conduite manuelle

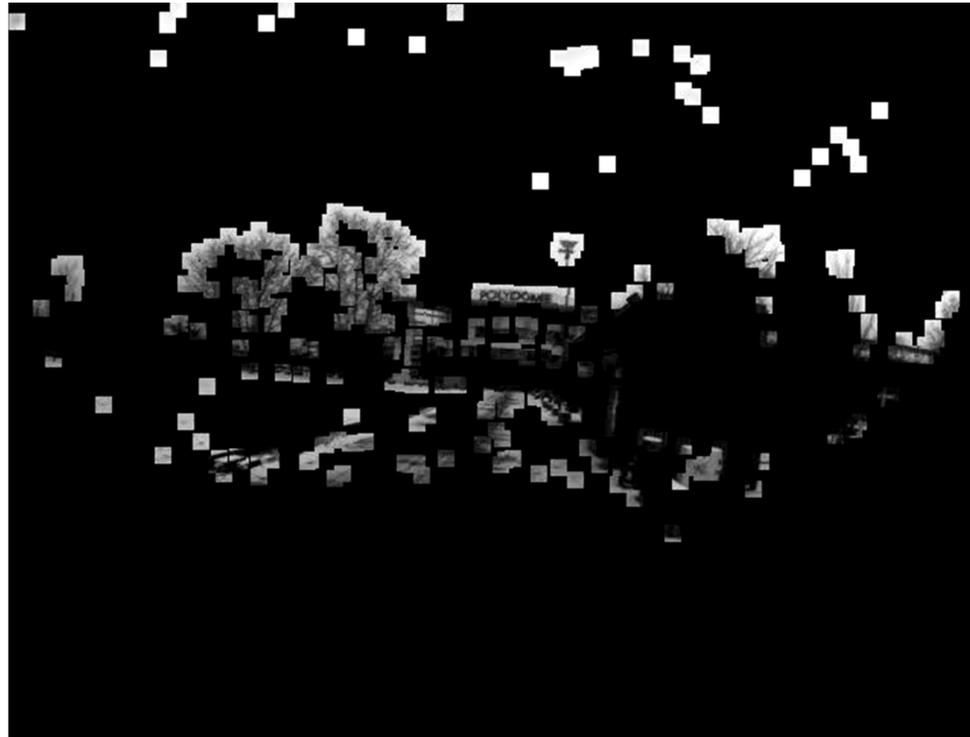


Odométrie visuelle : suivi amers visuels



Séquence vidéo initiale : Amers visuels détectés

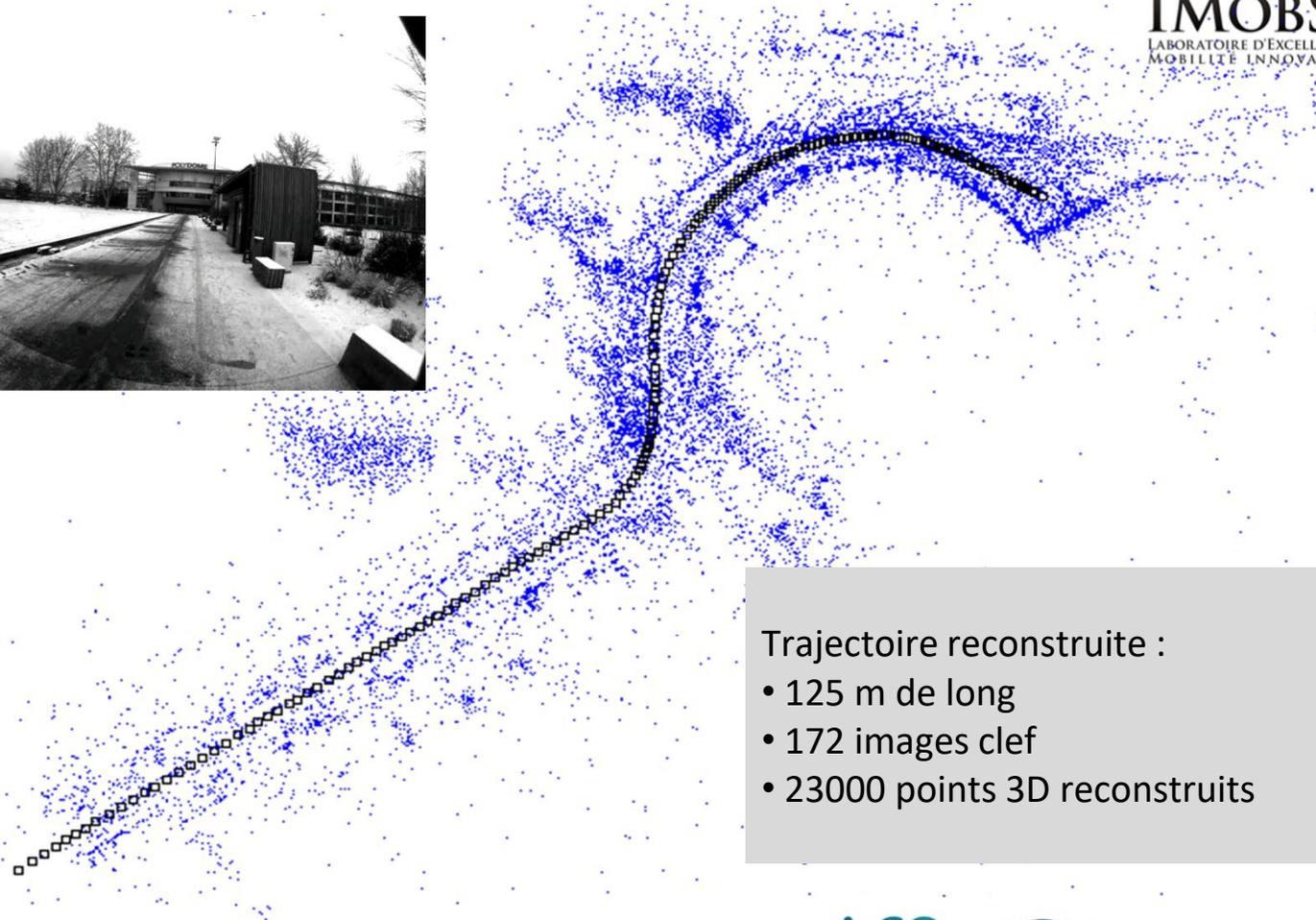
Odométrie visuelle : les points 3D texturés



Séquence vidéo initiale : Trajectoire reconstruite
(125 m, 172 images clef, 23000 points 3D)



Reconstruction de Trajectoire



Trajectoire reconstruite :

- 125 m de long
- 172 images clef
- 23000 points 3D reconstruits

Sommaire de la présentation



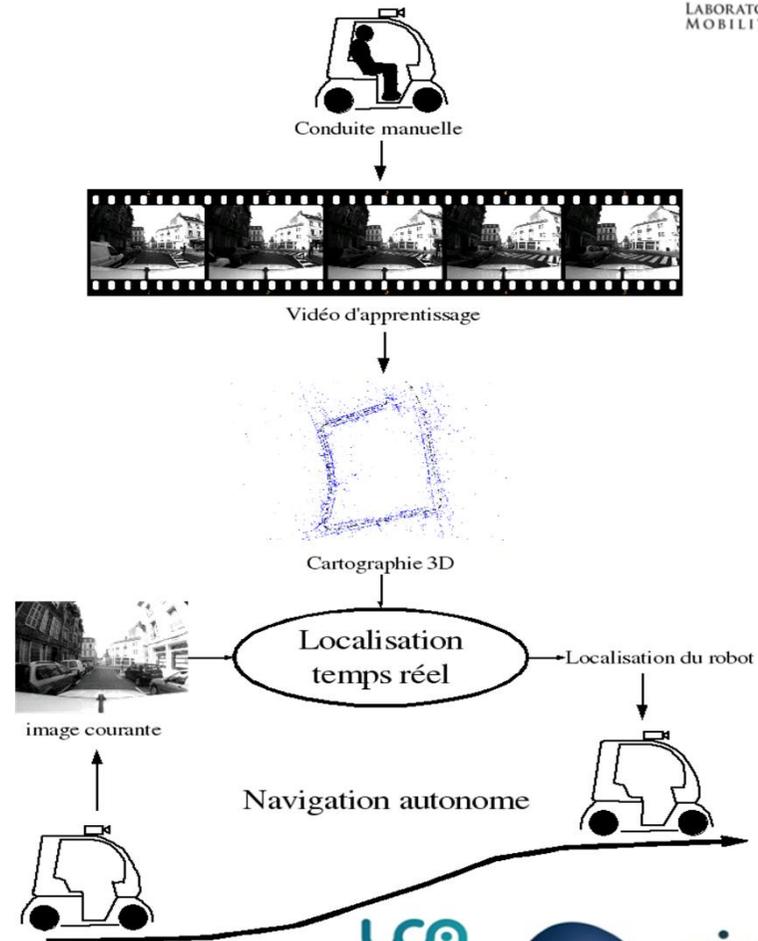
- Contexte – LabEx IMobS³
- Origines et Motivations
- Odométrie visuelle
 - Principe & modélisation
 - Exemples
- **Application : Navigation Autonome (Projet VIPA / EZ'10)**
- Dernières avancées scientifiques
- Conclusion

Application : Navigation Autonome

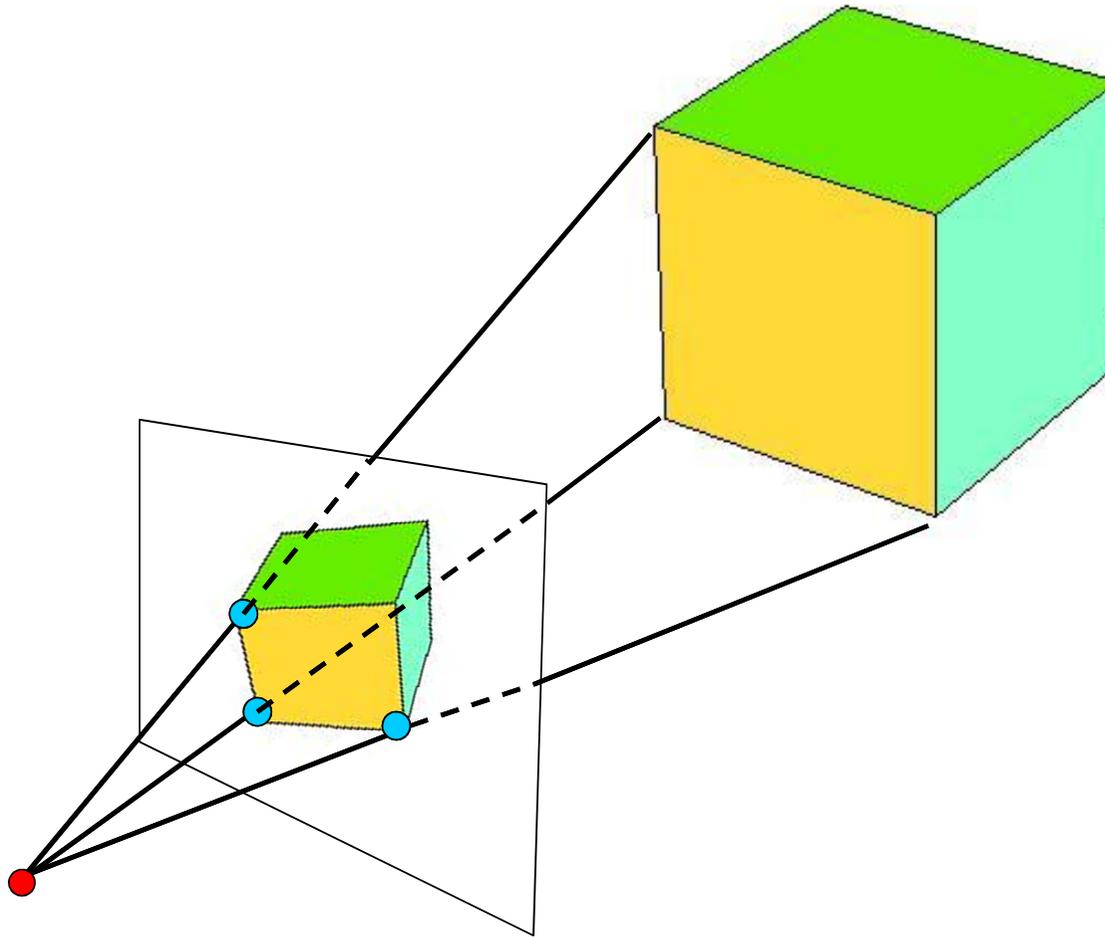


Traitement hors ligne

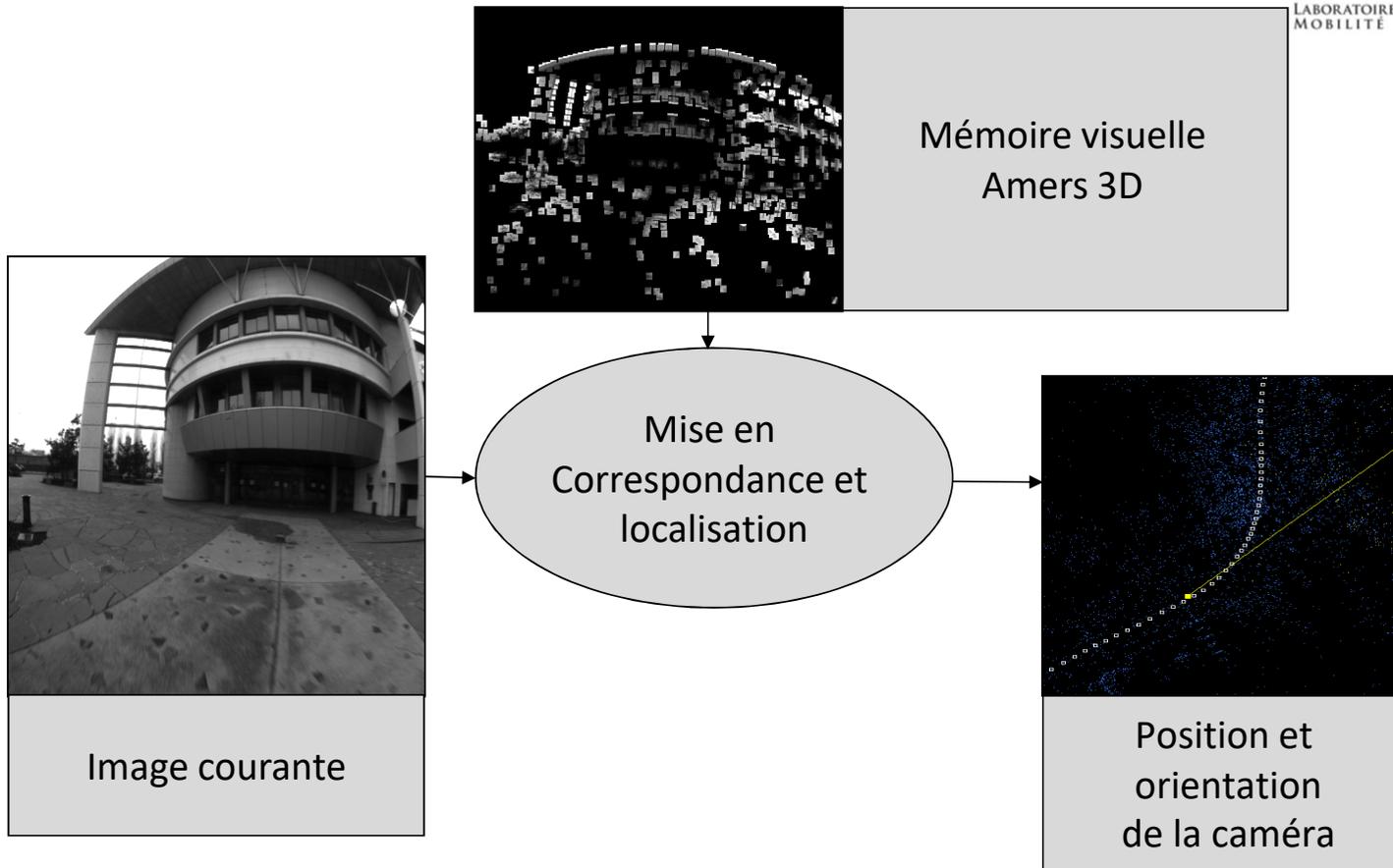
Processus temps réel



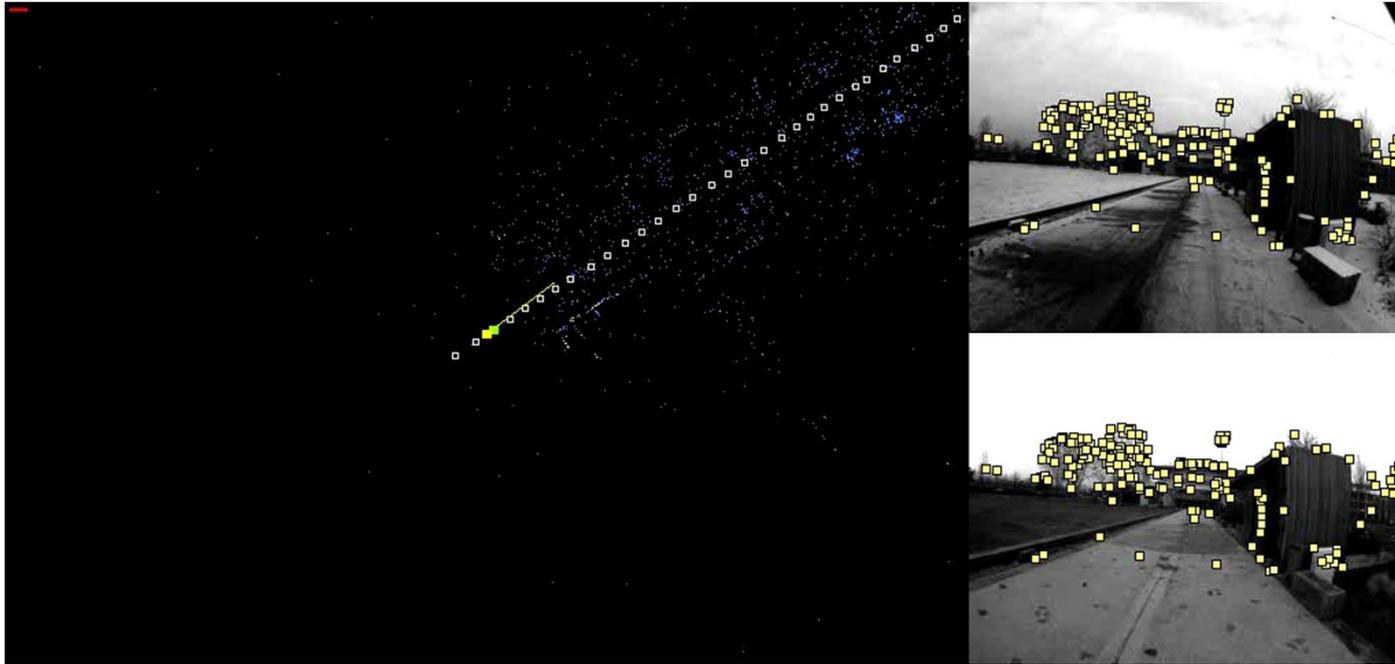
Localisation Spatiale « Appariements 2D/3D »



Processus Innovant : Mémoire visuelle

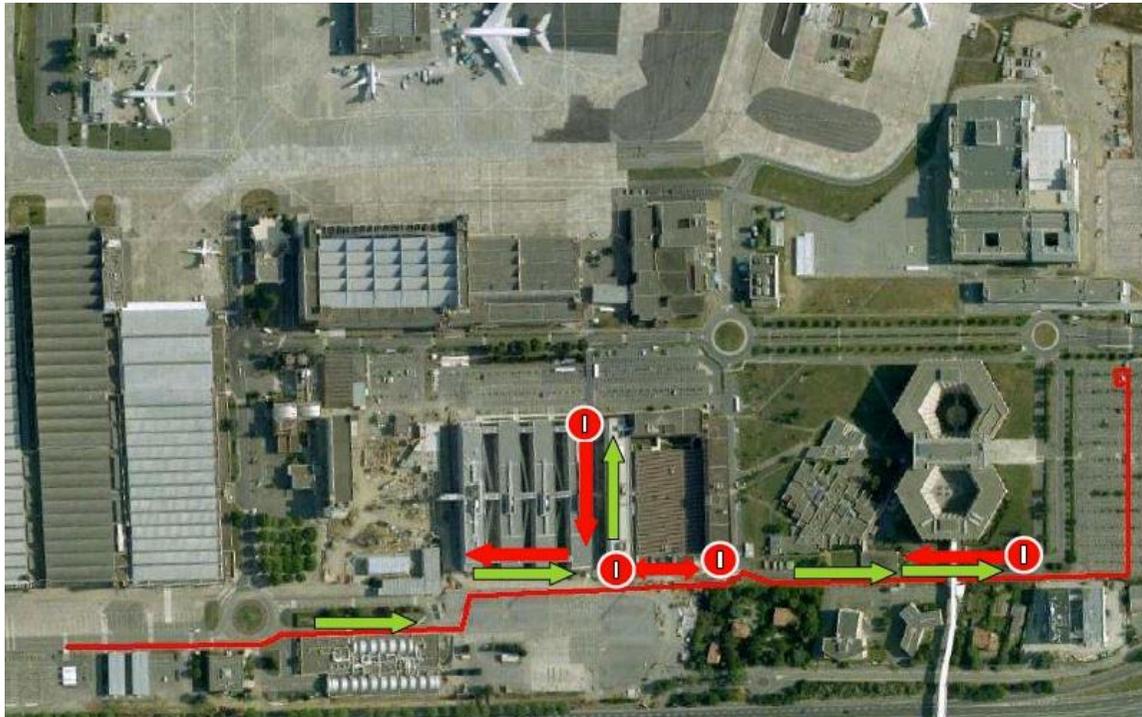


Guidage Temps Réel vidéo



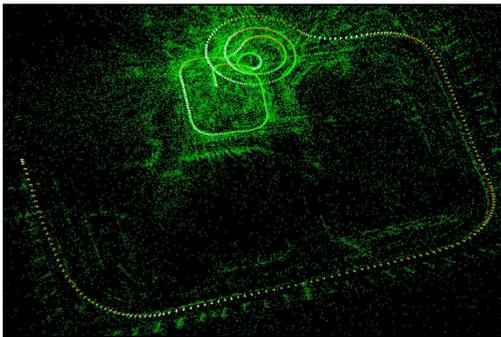
Localisation 15 images/sec – Précision décimétrique

Expérimentations en conditions Réelles



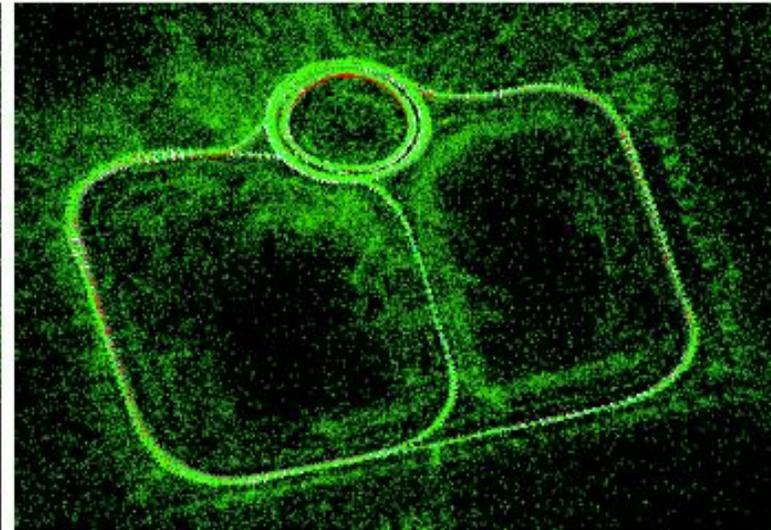
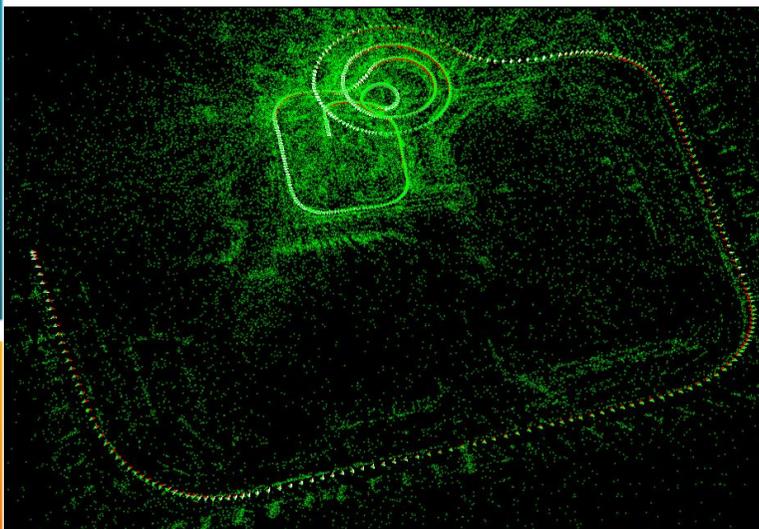
Airbus Toulouse 2008 : trajectoire 1.5 km,
5 jours ouvrables, + 1000 personnes transportées

Expérimentations en conditions Réelles



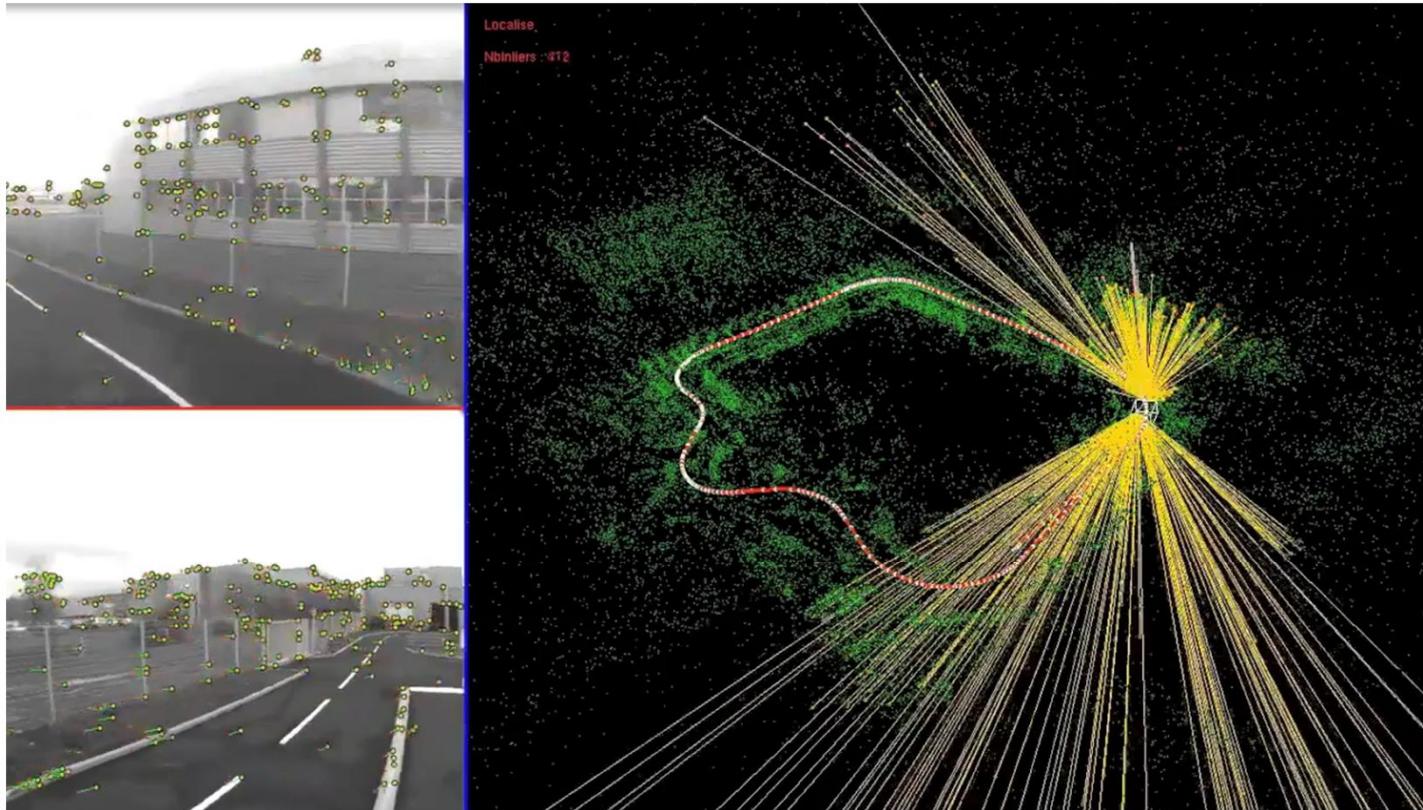
Problèmes rencontrés : éblouissement,
dérive du facteur d'échelle ...

système binoculaire (champs non recouvrant)



Résultats : gauche monoculaire, droite système binoculaire

système binoculaire (champs non recouvrant - localisation)



Projet VIPA « Véhicule Individuel Public Autonome »

Comment transformer cette invention en un produit commercial ?
Quel marché cible ?
Quel industriel contacté ?



Laboratoire de recherche
Choix des capteurs
Algorithmes de guidage
Algorithmes de navigation



Constructeur Automobile
Définition et industrialisation motorisation

De l'idée à la réalité



APOJEE

Bureau d'étude
Transfert technologique
Calculeurs et logiciels



ViaMéca



Projet VIPA « Véhicule Individuel Public Autonome »



But : développer un prototype expérimental
Projet juin 2008 – mai 2011

Véhicule autonome et sans infrastructure de guidage

Le VIPA réalise le transport d'un nombre limité de personnes (6) sur des trajets en parc fermé (sites industriels, parcs, aéroports ...). Il ne nécessite aucune infrastructure de guidage. Il évolue :

- en présence de piétons et éventuellement de véhicules lents
- à vitesse limitée et variable entre 5 et 20km/h
- sur des distances relativement courtes (entre 0.3 et 1.5km)
- en autonomie de conduite
- avec une énergie «propre»
- en toute sécurité pour les personnes transportées et les vulnérables extérieurs.



Projet VIPA « Véhicule Individuel Public Autonome »



Présentation Berlin, mai 2011, Challenge Bibendum



Projet VIPA : 1^{ère} Expérimentation



Projet VIPA CHU Estaing (Investissement d'avenir)
Dans le cadre du Projet « EcoCité » porté par Clermont Métropole
Expérimentation Hiver 2013 – Printemps 2014 (LAPSCO-ACTé)



Projet VIPA : 1^{ière} Expérimentation



Le travail réalisé par le LAPSCO et ACTé convînt le groupe LIGIER de repartir d'une feuille blanche :

- Accessible à un fauteuil d'handicapé
- Rampe d'accès à bord
- Nouvelle disposition banquette
- Deux trains directeurs

Naissance EZ-10



Retour d'expérience CHU Estaing : naissance EZ'10
Création Juillet 2014 de la Joint Venture « EasyMile »
entre LIGIER Groupe et RDS « Robosoft Driverless Solutions »
Présentation Chengdu (Chine), nov. 2014, Challenge Bibendum



Projet VIPA Fleet : 2^{ème} Expérimentation



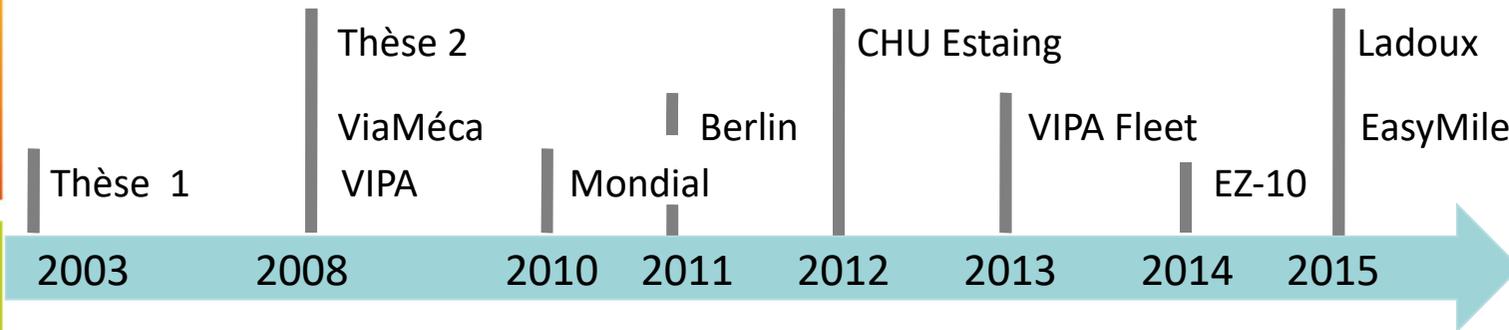
Projet FUI : déploiement d'une flotte de 5 véhicules sur le site de Recherche MICHELIN Ladoux en 2015 (Mode Tram ou Taxi en fonction de l'affluence)



Le temps de l'innovation



Le processus de transfert est un processus à long terme ...
... pour l'EZ-10, de l'idée au produit + de 10 ans



Le temps de l'innovation



« Technologie de guidage »

Aujourd'hui, il est possible de réaliser une véritable odométrie « visuelle » avec de simples caméras vidéo.

« Navettes Autonomes »

- la technologie est mure pour des déploiements sur des sites protégés ;
- nécessité de changer la législation pour supprimer le groom à bord (modèle économique).

Sommaire de la présentation



- Contexte – LabEx IMobS³
- Origines et Motivations
- Odométrie visuelle
 - Principe & modélisation
 - Exemples
- Application : Navigation Autonome (Projet VIPA / EZ'10)
- **Dernières avancées scientifiques**
- Conclusion

Dernières avancées scientifiques (commande)



Agilité : prise en compte des 2 trains directeurs



Dernières avancées scientifiques (commande)



Planification de trajectoire : évitement d'obstacle et marche en convoi



Dernières avancées scientifiques (localisation)

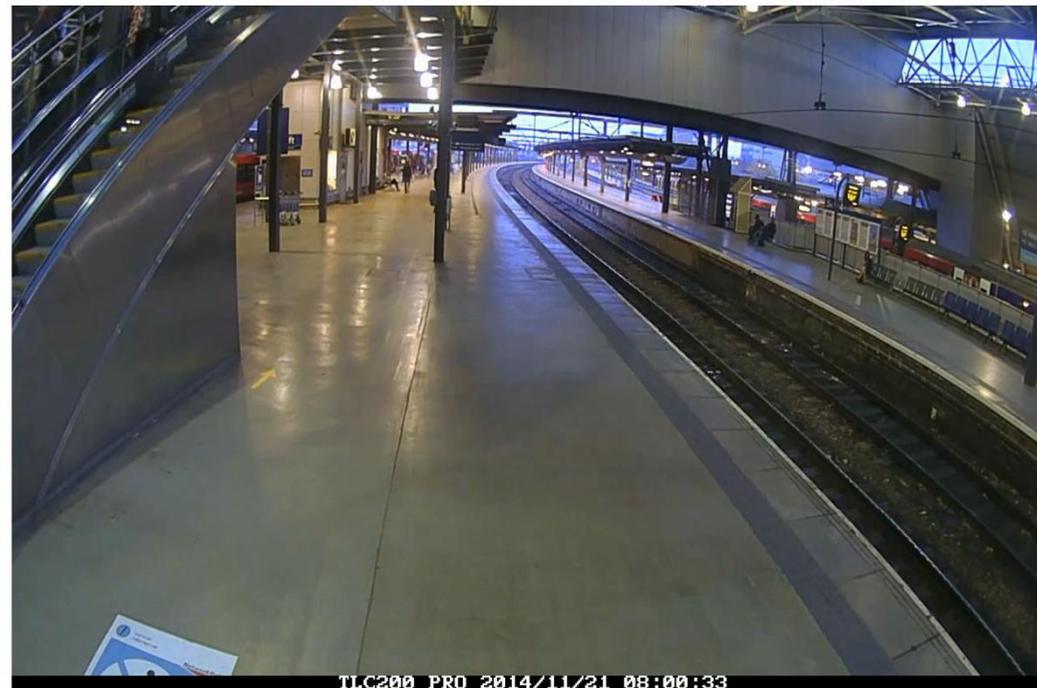


Robustesse localisation : conduite haute vitesse (32km/h)

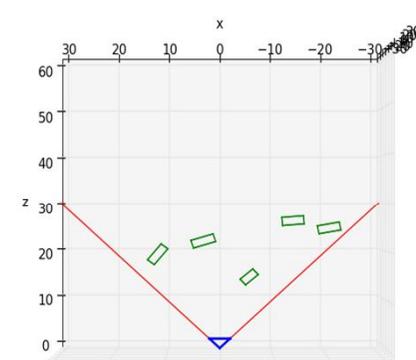
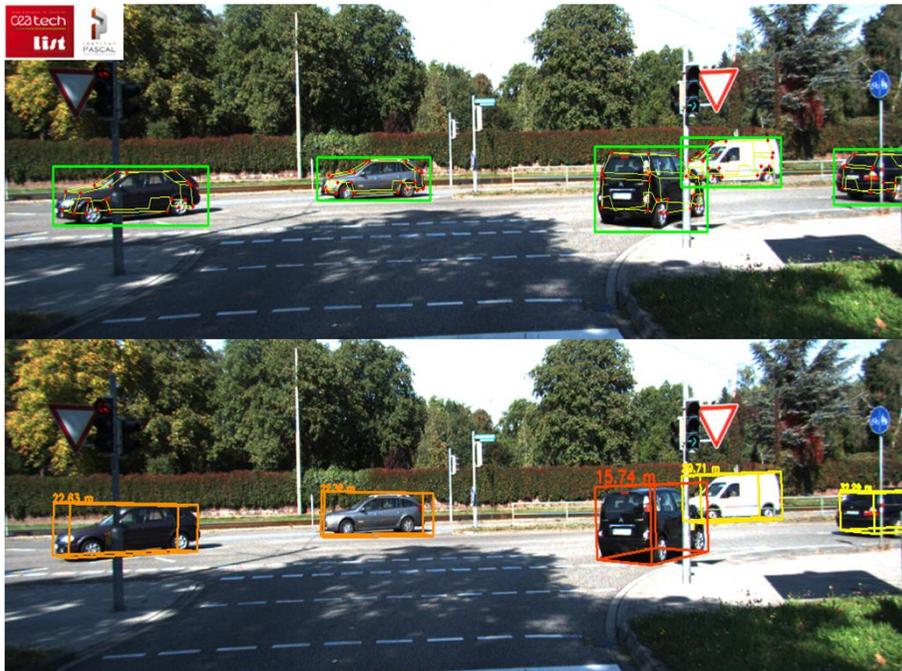
dernières avancées scientifiques (deep Learning)



Reconnaissance des piétons



dernières avancée scientifiques (deep Learning)



Reconnaissance et positionnement relatif des véhicules

Sommaire de la présentation



- Contexte – LabEx IMobS³
- Origines et Motivations
- Odométrie visuelle
 - Principe & modélisation
 - Exemples
- Application : Navigation Autonome (Projet VIPA / EZ'10)
- Dernières avancées scientifiques
- Conclusion

Conclusion



Cas des navettes autonomes

- Un mode de transport polyvalent (ascenseur, tram, taxi, etc...) complémentaire
- Pas d'infrastructure spécifique
- Technique peu onéreuse (simples caméras vidéo)
- D'une très grande flexibilité (réalisation nouvelles trajectoires quasi instantanée)
- Fonctionne aussi bien en extérieur qu'en intérieur

Perspectives « Recherche »

- Stratégie de mise à jour de la base de donnée (évolution lente du contexte, exemple végétation)
- Evitement d'obstacles dynamiques

11ème université d'été - Mobilité Propre



Merci aux différents contributeurs de l'Institut Pascal :
M. LHUILLIER, E. ROYER, O. AIT ADER,
F. MARMOITON, S. ALIZON,
E. MOURAGNON, P. LEBRALY, N. KARAM,
D. RADAMASSAN, C. DEMIER, V. LITVINOV,
M. TAMAAZOUSTI, D. LARNAOUT, M. SLADE, A. NIZART,
S. NAUDET, S. BOURGEOIS, V. GAY-BELLILLE, etc.



Merci de votre attention.