



Systemes de perception multi-sensorielle pour la localisation de véhicules en environnement urbain

R. AUFRERE

Maître de conférences

Institut Pascal (UMR 6602 UCA/CNRS/SIGMA)

romuald.aufriere@uca.fr

INSTITUT PASCAL

- Laboratoire de recherche situé sur le campus des Cézeaux proche de Clermont-Ferrand (63)



- Domaines disciplinaires : Sciences de l'ingénieur (**automatique, mécanique, électronique**) et sciences fondamentales (**physique et biochimie**).

INSTITUT PASCAL

■ Membres

- 140 Chercheurs ou enseignants-chercheurs;
- 30 Ingénieurs, techniciens ou personnel service administratif;
- 120 Doctorants;
- 30 Post-doctorants.

INSTITUT PASCAL

5 axes thématiques (**coeur scientifique du laboratoire**) :

- Axe Mécanique, Matériaux et Structures (**MMS**)
- Axe Image, Système de Perception, Robotique (**ISPR**)
- Axe Génie des Procédés, Energétique et Biosystèmes (**GePEB**)
- PHOtonique, Ondes et Nanomatériaux (**PHOTON**)
- Théorie Guidée par l'Image (**TGI**)

INSTITUT PASCAL

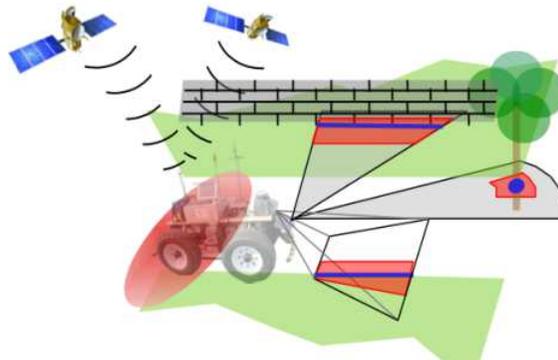
Axe Image, Système de Perception, Robotique (ISPR)

- Membres : 29 personnes



- Thématiques scientifiques:

- Vision artificielle (ComSee)
- Modélisation, Identification et Contrôle (MACCS)
- Systèmes de perception multi-sensorielle (PERSYST)
- Architectures matérielles et logicielles pour la perception (DREAM)



Sommaire

- Introduction
- Système bi-caméra pour une navette autonome
- Système de perception pour la localisation d'une flotte de véhicules
- Conclusions et perspectives

Introduction



- Depuis plus de 20 ans (projet européen Eureka Prometheus), l'Institut Pascal (ex LASMEA) travaille avec les principaux constructeurs (Renault, PSA, ...). Les principales contributions portent sur des systèmes ADAS (suivi de ligne, ACC, ...).

Introduction



En 2002, le laboratoire a pris la décision d'orienter son domaine applicatif de recherche vers le véhicule autonome électrique afin d'avoir des démonstrations réelles sur les thèmes suivants : vision par ordinateur, fusion multi sensorielle, commande.

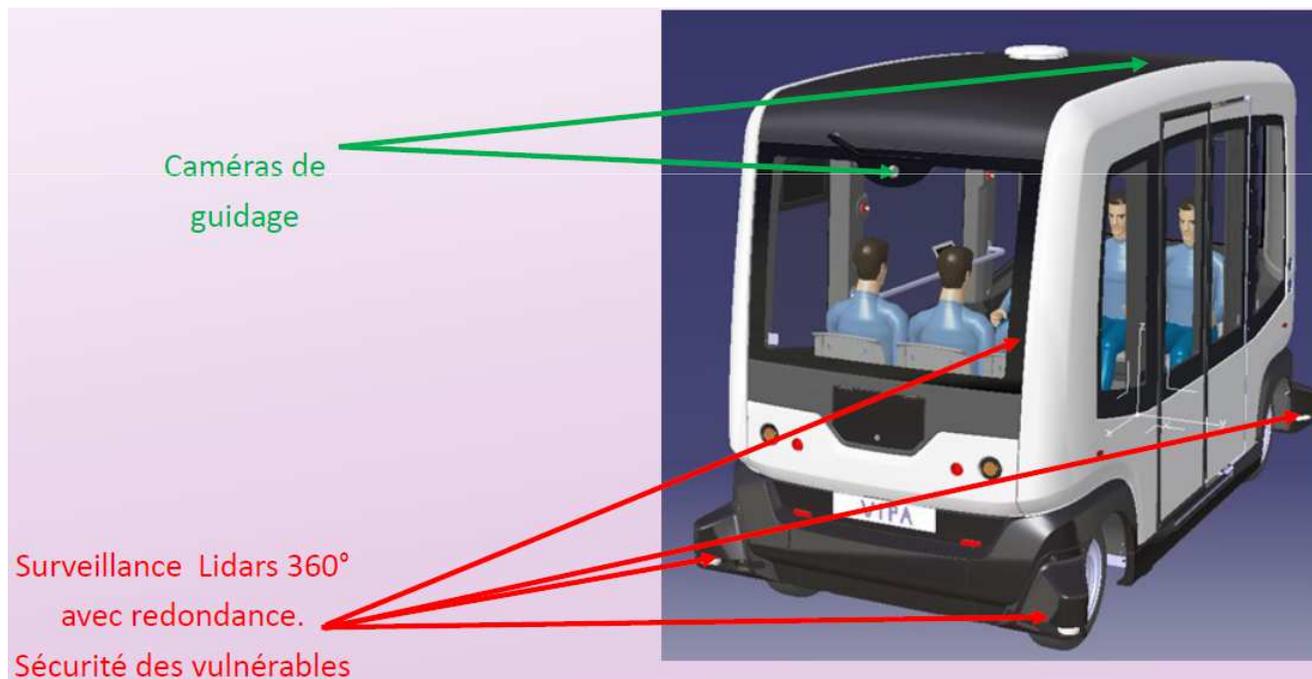
Introduction



Quelques solutions existent pour les navettes autonomes en environnement urbain mais elles utilisent de nombreux capteurs (DGPS, Télémètres laser, caméra, ...).

Systeme bi-caméra pour une navette autonome

- Principe de la localisation
 - 2 caméras à champ non recouvrant (avant & arrière)



Systeme bi-caméra pour une navette autonome

- Phase d'apprentissage (Odométrie visuelle) :
 - construction d'une carte d'amers visuels avec leurs coordonnées 3D (Bundle adjustment)



Systeme bi-caméra pour une navette autonome

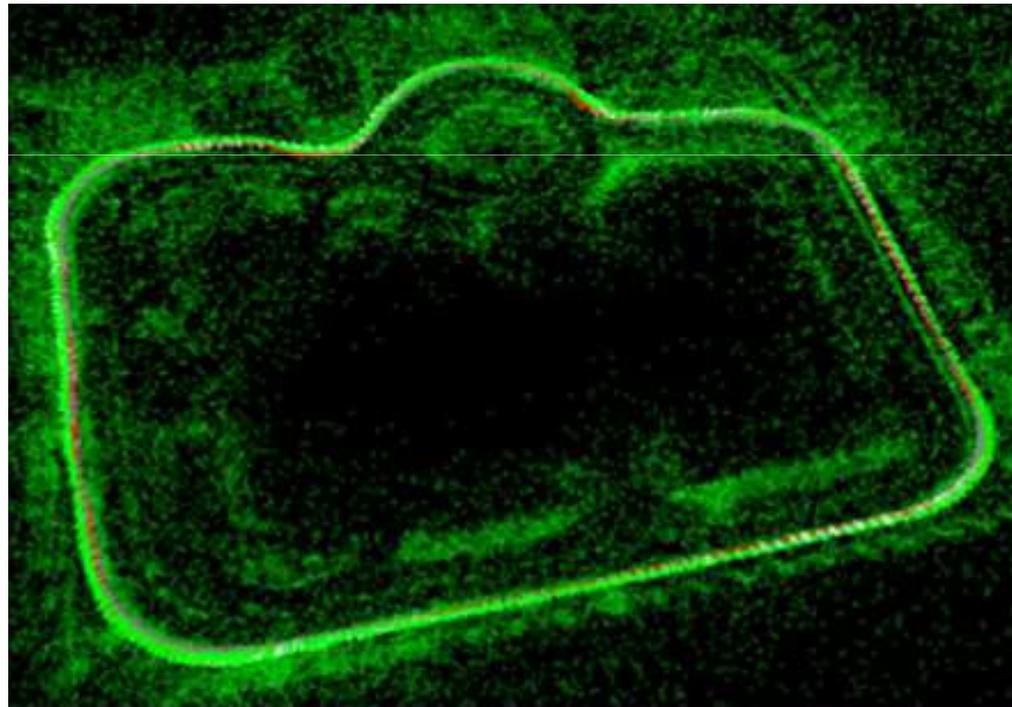
- Phase d'apprentissage (Odométrie visuelle) :
 - construction d'une carte d'amers visuels avec leurs coordonnées 3D (Bundle adjustment)



Choix d'images clés : le plus espacé possible pour une meilleure estimation 3D mais avec une zone de visibilité commune

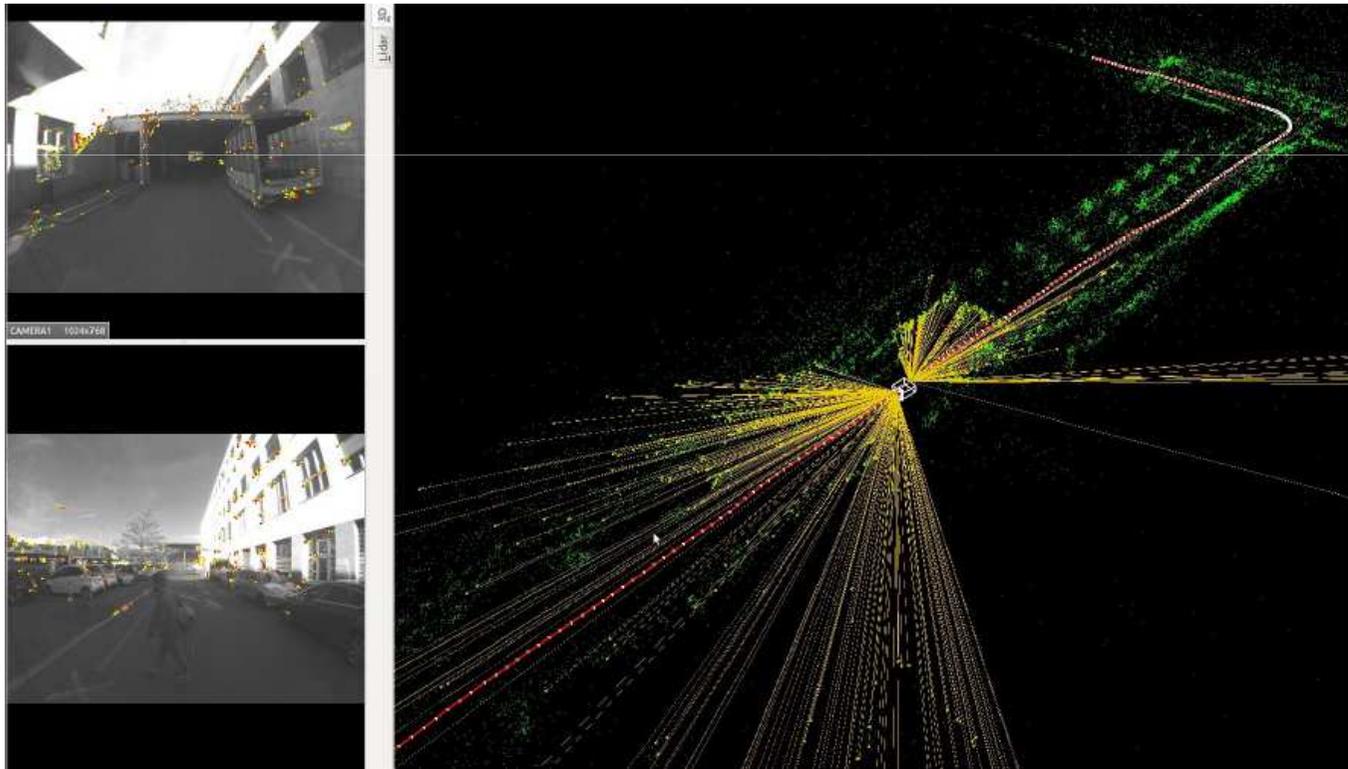
Systeme bi-caméra pour une navette autonome

- Phase d'apprentissage (Odométrie visuelle) :
 - construction d'une carte d'amers visuels avec leurs coordonnées 3D (Bundle adjustment)



Systeme bi-caméra pour une navette autonome

- Phase de localisation :
 - calcul de la pose courante des caméras en exploitant les amers visuels (*précision de 10cm, évaluée à partir d'un GPS cinématique*)
 - Utilisation de l'odométrie pendant l'arrêt du véhicule si perte d'images



Système bi-caméra pour une navette autonome



■ **Projet FUI Vipa 2008 -> 2011**



Réalisation d'un prototype expérimental de véhicule autonome.
Mise en œuvre de navettes automatiques en milieu urbain

Naissance du VIPA. Présentation Mondial de l'automobile 2010
et Challenge Bibendum 2011



Ce travail est cofinancé par l'Union européenne. L'Europe s'engage en Auvergne avec le Fonds européen de développement régional.



■ **Ecocité. Expérimentations CHU**

Le retour d'expérience permet de définir un nouveau cahier des charges de véhicule : conception de l'EZ10.



■ **Projet FUI VipaFleet 2013 -> 2016**



Déploiement d'une flotte de 5 véhicules sur le site de Michelin Ladoux.
Système de gestion de flotte.

31/01/17

romuald.aufrere@uca.fr

Automotive Connection 2017

Systeme bi-caméra pour une navette autonome

- Bilan des démonstrations :
 - CHU Estaing
 - 4 mois (décembre 2013 – mars 2014) sur une trajectoire de 300m (parking ↔ parvis)
 - 300 km parcourus, 380h de service, 900 personnes transportées



Systeme bi-caméra pour une navette autonome

- Bilan des démonstrations :
 - Michelin Ladoux
 - 42 jours (juillet à septembre 2015) sur une trajectoire de 1,4km avec 8 arrêts
 - 1486 km parcourus, 300 personnes transportées
 - vitesse moyenne 8 km/h (avec les arrêts), vitesse de pointe 15 km/h



Systeme bi-caméra pour une navette autonome

- Utilisation des 2 trains directeurs
 - 2 trains directeurs indépendants (\Leftrightarrow *pas un simple couplage avant - arriere*)
- permet de faire circuler l'EZ10 dans les rues les + étroites de PAVIN (*met en évidence la précision à la fois de la localisation et du guidage*)



Systeme bi-caméra pour une navette autonome

- Conclusion
 - Approche fonctionnelle et précise
 - Solution bas coût (caméras standards)
 - Approche opérationnelle en environnement intérieur et extérieur

- Perspectives
 - Mise à jour automatique de la carte 3D (léger changement)
 - Evitement d'obstacles & géoréférencement des trajectoires

- Limitations
 - Echange difficile entre plusieurs véhicules
 - Dérive dans le temps de la trajectoire estimée

Systeme de perception pour la localisation d'une flotte de vehicules

- Objectifs :
 - Développer une approche de perception multi-sensorielle pour localiser un ou plusieurs vehicules dans un environnement connu
 - Exploiter cette approche de localisation pour faire évoluer de façon manuelle ou automatique une flotte coopérative de vehicules.

Systeme de perception pour la localisation d'une flotte de vehicules

- Localisation **precise et integre** :
 - **precise** : estimation de la position avec une incertitude donnee.
 - **integre** : adequation de l'estimation de la position a la realite.

Approche « bottom-up » (mécanisme exogène de la perception humaine)

- ❑ Tous les capteurs fournissent une information de manière indépendante

- ❑ Fusion des informations
 - ✓ Fonctionnement correct si données « certaines »

 - ✓ Zone de recherche pas forcément adaptée
 - ✓ Calcul systématique potentiellement sans intérêt

Approche « Top-down » (mécanisme endogène de la perception humaine)

- ❑ Approche guidée par l'objectif.

- ❑ Fusion des informations
 - ✓ Diminution des traitements de données inutiles,
 - ✓ Focalisation
 - ✓ Anticipation des événements

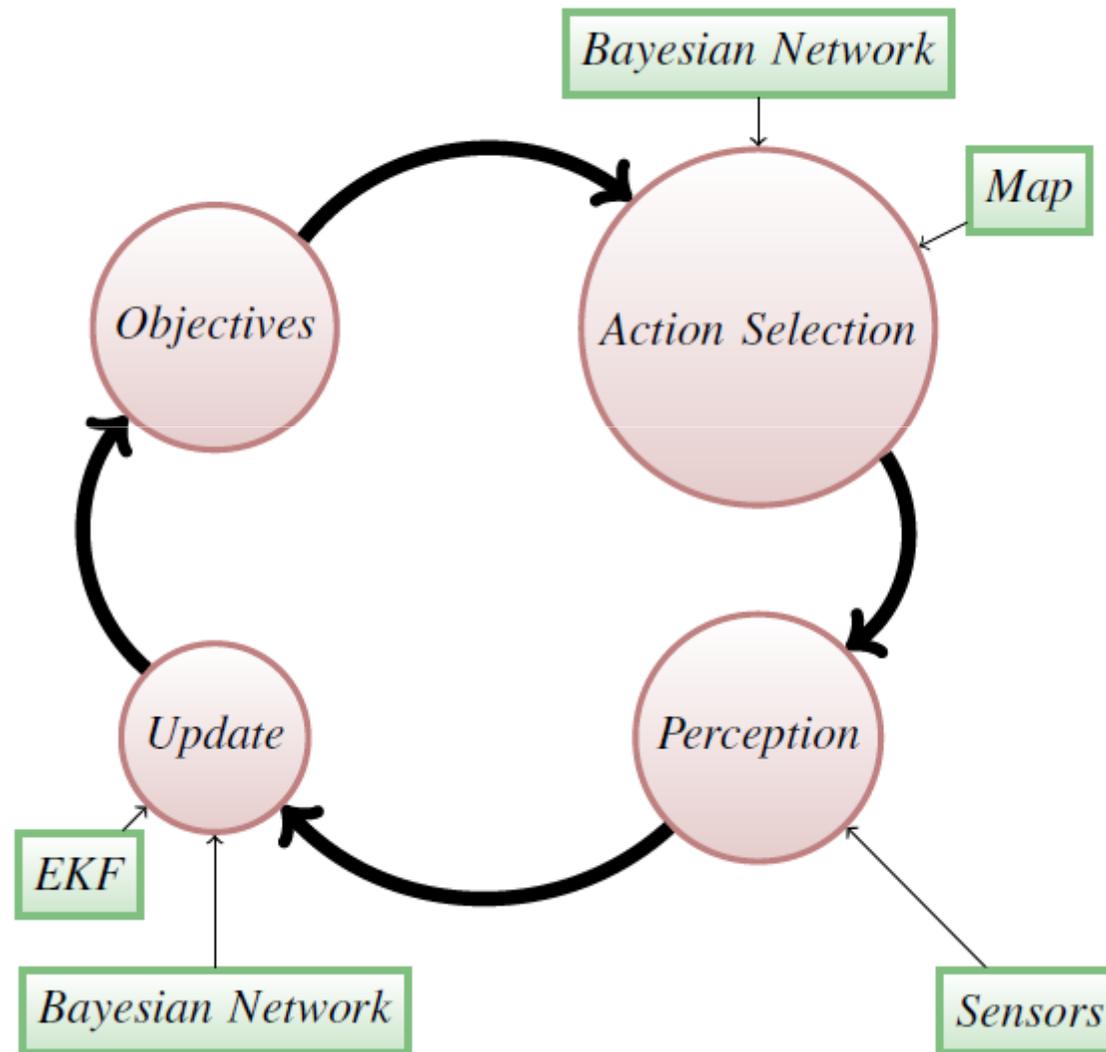
 - ✓ Informations nécessaires sur l'environnement
 - ✓ Ne gère pas naturellement les événements imprévisibles

Système de perception pour la localisation d'une flotte de véhicules

❑ Développer une approche top-down de fusion supervisée pour la localisation de véhicules

- ✓ Définition d'un objectif (précision, confiance, ...)
- ✓ Sélection des amers, capteurs, détecteurs les plus pertinents pour atteindre l'objectif dans une situation donnée
- ✓ Focalisation : définir une zone de recherche précise
- ✓ Lancement de la détection avec le capteur souhaité
- ✓ Mise à jour de la pose du véhicule et de la confiance dans l'estimation de cette pose ;

Système de perception pour la localisation d'une flotte de véhicules



Système de perception pour la localisation d'une flotte de véhicules

- ❑ **Plusieurs amers, plusieurs capteurs, plusieurs détecteurs.**
- ❑ **Triplet perceptif** : Ensemble constitué d'un amer, un capteur et un détecteur.
- ❑ **Prise en compte des facteurs influents**
 - ✓ **capteur : zone d'intérêt ;**
 - ✓ **détecteur : pertinence des algorithmes ;**
 - ✓ **amers : connaissance a priori de l'environnement.**

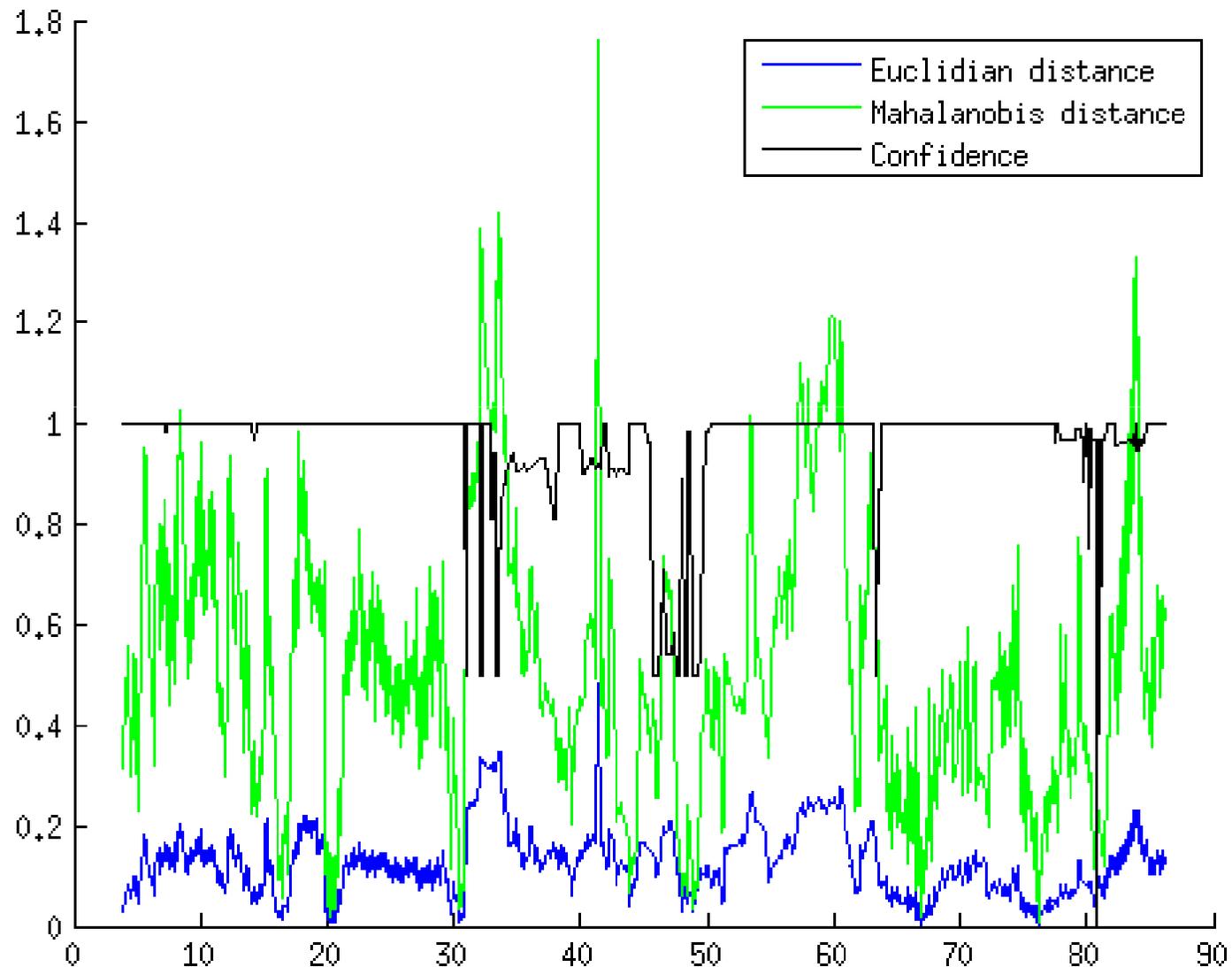
Système de perception pour la localisation d'une flotte de véhicules

Choix du triplet perceptif

- Paramètres pris en compte :
 - ✓ Performances des détecteurs
 - ✓ Densité d'amers
 - ✓ Ambiguïté entre les amers (voisins)
 - ✓ Occultation
 - ✓ Corrélation de l'information

=> Réseau Bayésien

Performance localisation mono-véhicule



Localisation multi-véhicules

- ❑ Ensemble de véhicules hétérogènes (pas les mêmes capteurs)
- ❑ Carte géoréférencée de l'environnement commune
- ❑ Même processus de localisation dans tous les véhicules.
- ❑ Communication véhicules/véhicules par des modules Wifi-802.11p.
- ❑ Loi de commande développée en interne

Localisation multi-véhicules

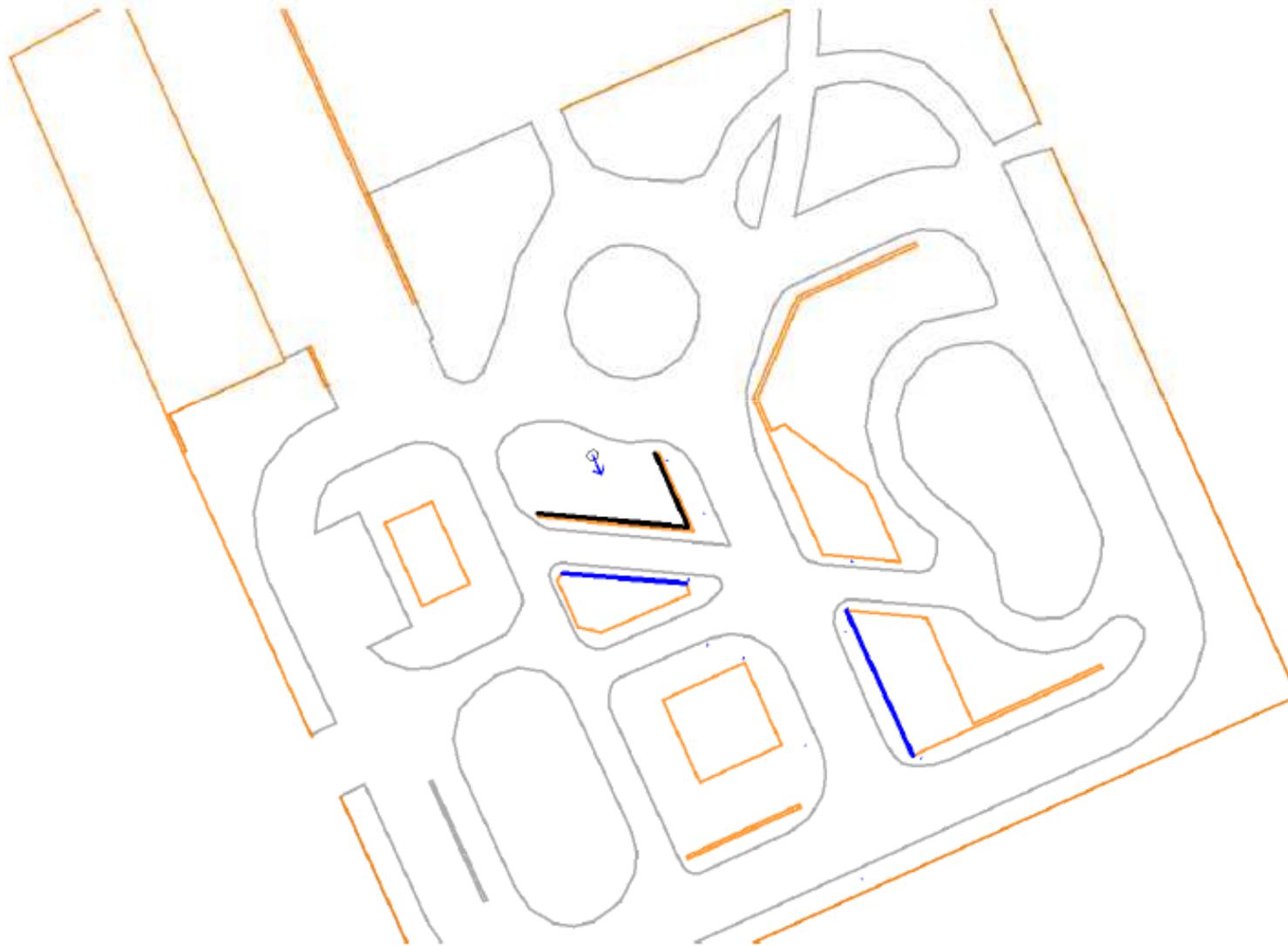
- Echange des trajectoires géoréférencées entre les véhicules de la flotte.
- Véhicules pilotés manuellement initialement.
- Trajectoires partagées peuvent être suivies par un autre véhicule (passage en mode automatique).
- Reprise en main possible en milieu de trajectoire.
- Pas de véhicule leader spécifique

Essais expérimentaux

- Vipalabs
- Odomètre
- 4 télémètres laser
- GPS RTK (uniquement utilisé pour la vérité terrain)



Essais expérimentaux



Essais expérimentaux



31/01/17

romuald.aufrere@uca.fr

Automotive Connection 2017

Essais expérimentaux



31/01/17

romuald.aufrere@uca.fr

Automotive Connection 2017

Conclusion

- ❑ Stratégie de localisation par exploitation d'une carte géoréférencée pré-existante
- ❑ Estimation simultanée de la position du robot et de son intégrité.
- ❑ Optimisation de l'information disponible à l'aide d'une méthode Top-Down inspirée par le comportement humain.
- ❑ Modélisation des interactions entre les événements à l'aide d'un réseau Bayésien.
- ❑ Système multi-capteurs et multi-véhicules.

Perspectives

- ❑ Enrichissement de cartes existantes (OpenStreetMap) par exemple.
- ❑ Détection de capteurs défectueux.
- ❑ Objectifs dynamiques suivant le contexte.



Merci de votre attention

R. AUFRERE

Institut Pascal
romuald.aufreere@uca.fr