

CityVIP

Démonstration finale

Géolocalisation avancée en environnement urbain 3D

23 septembre 2011

Mairie du 12^{ème} arrondissement – Paris

F. Peyret, M. Ortiz (IFSTTAR)

D. Meizel, S. Renault, S. Peyraud (XLIM)

E. Royer (LASMEA)

S. Chau (BeNomad)

23 septembre 2011



AGENCE NATIONALE DE LA RECHERCHE
ANR



PREDIT, Transports Sécurisés, Fiables et Adaptés

Plan de la présentation



PREDIT, Transports Sécurisés, Fiables et Adaptés

1. **Problématique de la Géolocalisation en ville (F. Peyret – IFSTTAR)**
2. **Les objectifs du projet CityVIP (F. Peyret)**
3. **Architecture logicielle du système de Géolocalisation CityVIP (F. Peyret)**
4. **Le module de localisation par mise en correspondance d'images vidéo (E. Royer – LASMEA)**
5. **Le module de détection des signaux GPS NLOS (F. Peyret)**
6. **Le module de localisation globale par fusion multi-capteurs (D. Meizel – XLIM)**
7. **L'intégration dans le véhicule VERT (M. Ortiz – IFSTTAR)**
8. **Présentation de la démonstration (M. Ortiz)**

Problématique de la Géolocalisation en ville



PREDIT, Transports Sécurisés, Fiables et Adaptés

- Les **VIP** sont par définition des véhicules **urbains**
- Le milieu urbain cumule :
 - l'intérêt d'un positionnement précis et intègre
 - les difficultés...
- pour le positionnement GPS :
 - les masquages de satellites
 - les trajets multiples
- pour le positionnement par traitement d'images vidéo :
 - les problèmes d'ombres et d'éblouissements
 - les problèmes de réflexions
- Mais... le milieu urbain est fortement structuré et la connaissance de la carte peut être d'un précieux secours

Les objectifs du projet CityVIP et la réponse apportée par les partenaires



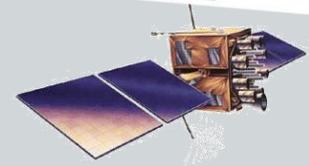
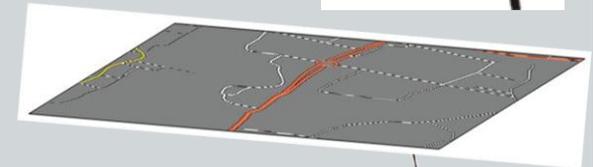
PREDIT, Transports Sécurisés, Fiables et Adaptés

- Le projet CityVIP avait pour ambition de développer un système de localisation adapté aux VIP, c'est-à-dire :
 - précis (erreur < 1 m à 95%)
 - intègre (estimation sûre d'un majorant de l'erreur)
 - bas coût, donc utilisant des capteurs bas de gamme
- Pour ce faire, le système de localisation CityVIP exploite :
 - un récepteur GPS bas de gamme (u-blox)
 - les 2 codeurs CAN des roues arrière du véhicule
 - une caméra vidéo N&B standard (Marlin)
 - une carte numérique 3D précise
- en tirant le meilleur parti de toutes les sources d'information

Concept général du système de Géolocalisation CityVIP

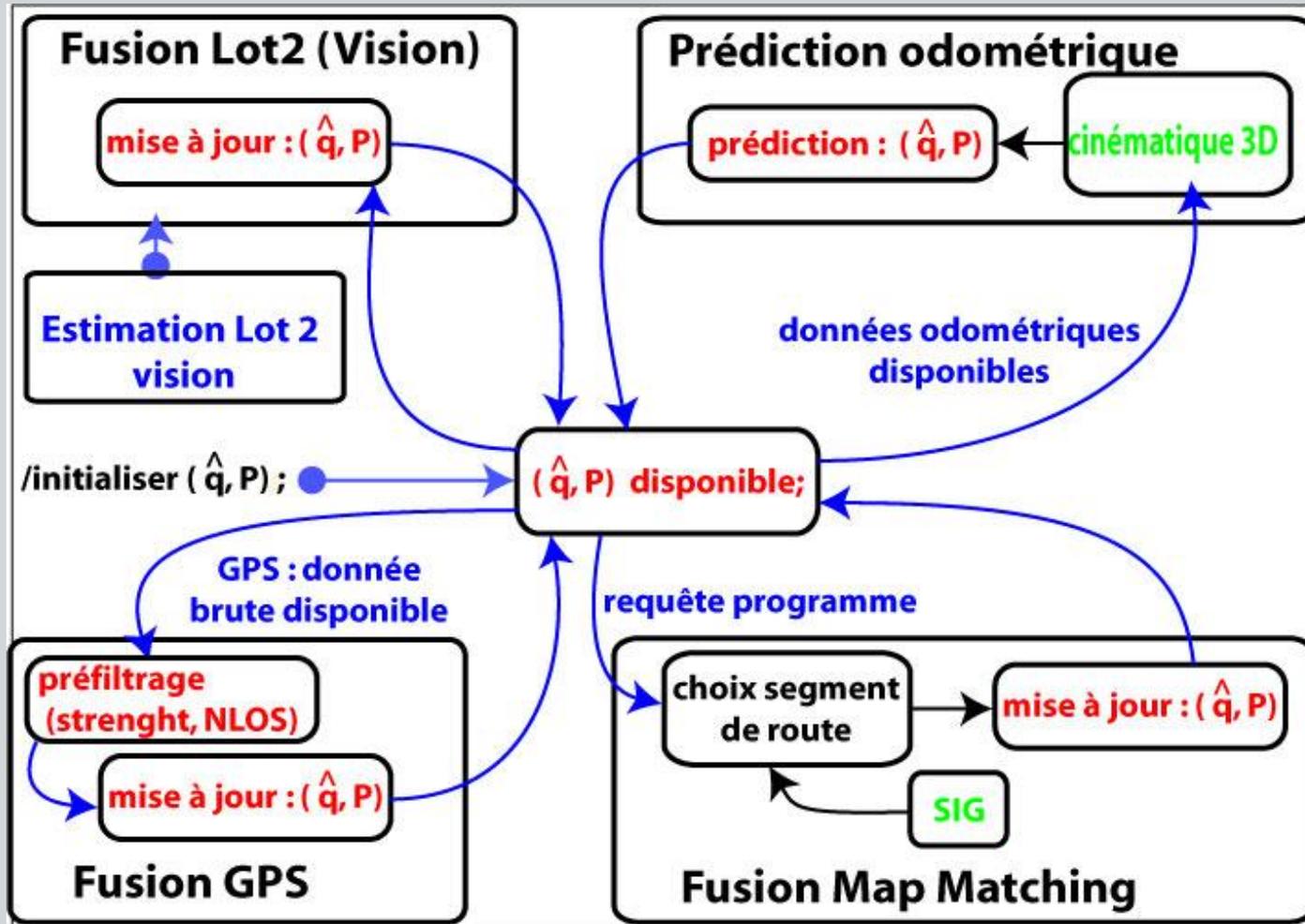
Coopération de modules logiciels actualisant la pose :

- par intégration de mesures proprioceptives (odométrie ++)
- par mise en correspondance avec la carte numérique (*map matching*)
- par utilisation de données satellitaires en couplage lâche ou serré :
 - ⇒ test préalable de validité
 - ✓ force du signal
 - ✓ visibilité directe
- par fusion avec la localisation par vision



Architecture logicielle du système de Géolocalisation CityVIP

Ordonnancement asynchrone des modules (environnement Aroccam)



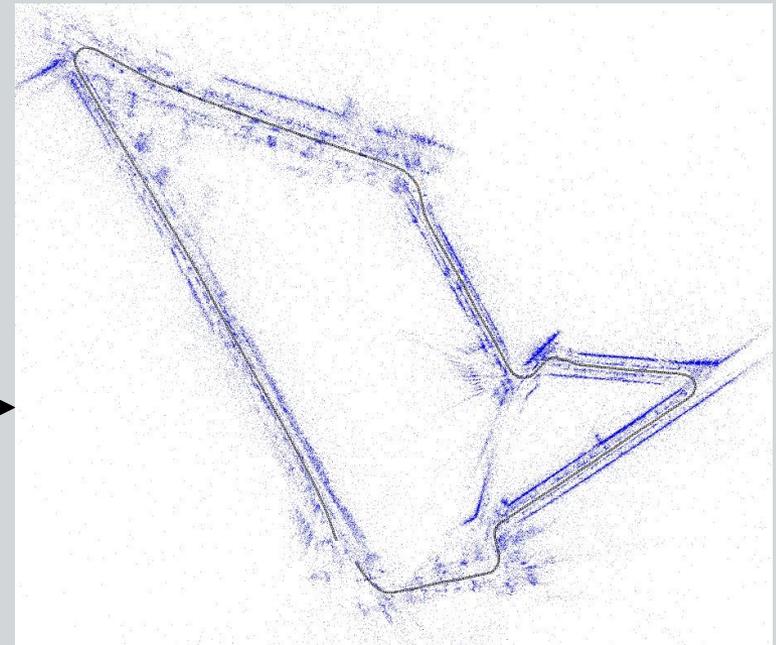
Localisation par vision : construction de la base d'amers visuels



Séquence vidéo de référence

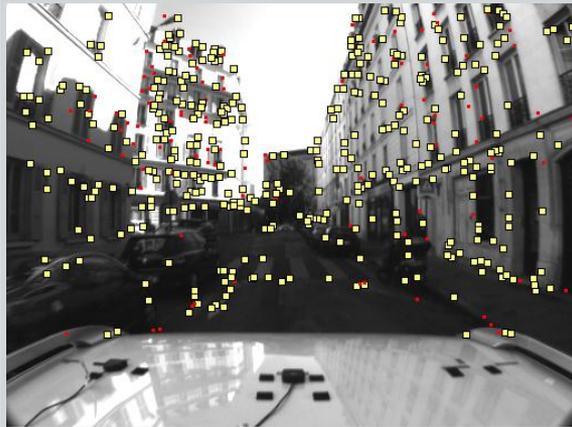


Trajectoire de référence

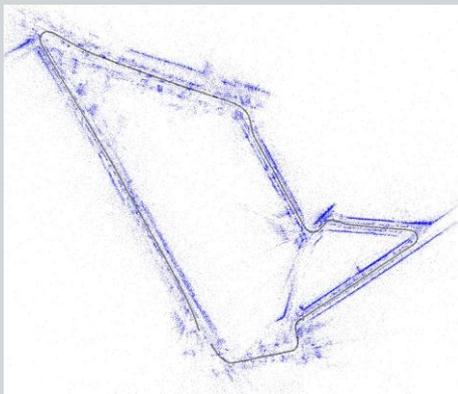


Base d'amers visuels géoréférencés (Points 3D + descripteurs associés)

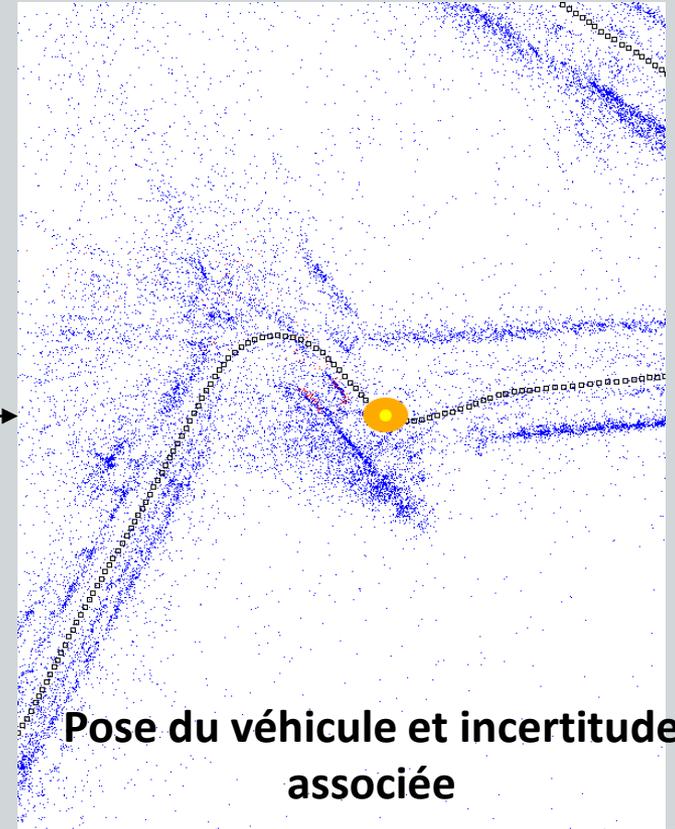
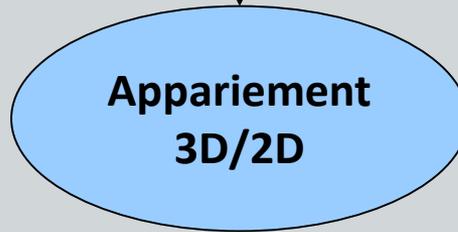
Localisation par vision : algorithme temps réel



Points d'intérêt sur l'image courante



Base d'amers visuels géoréférencés



Pose du véhicule et incertitude associée

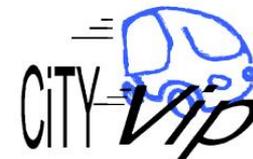
Le SDK BeNomad et son moteur de rendu 3D (1)



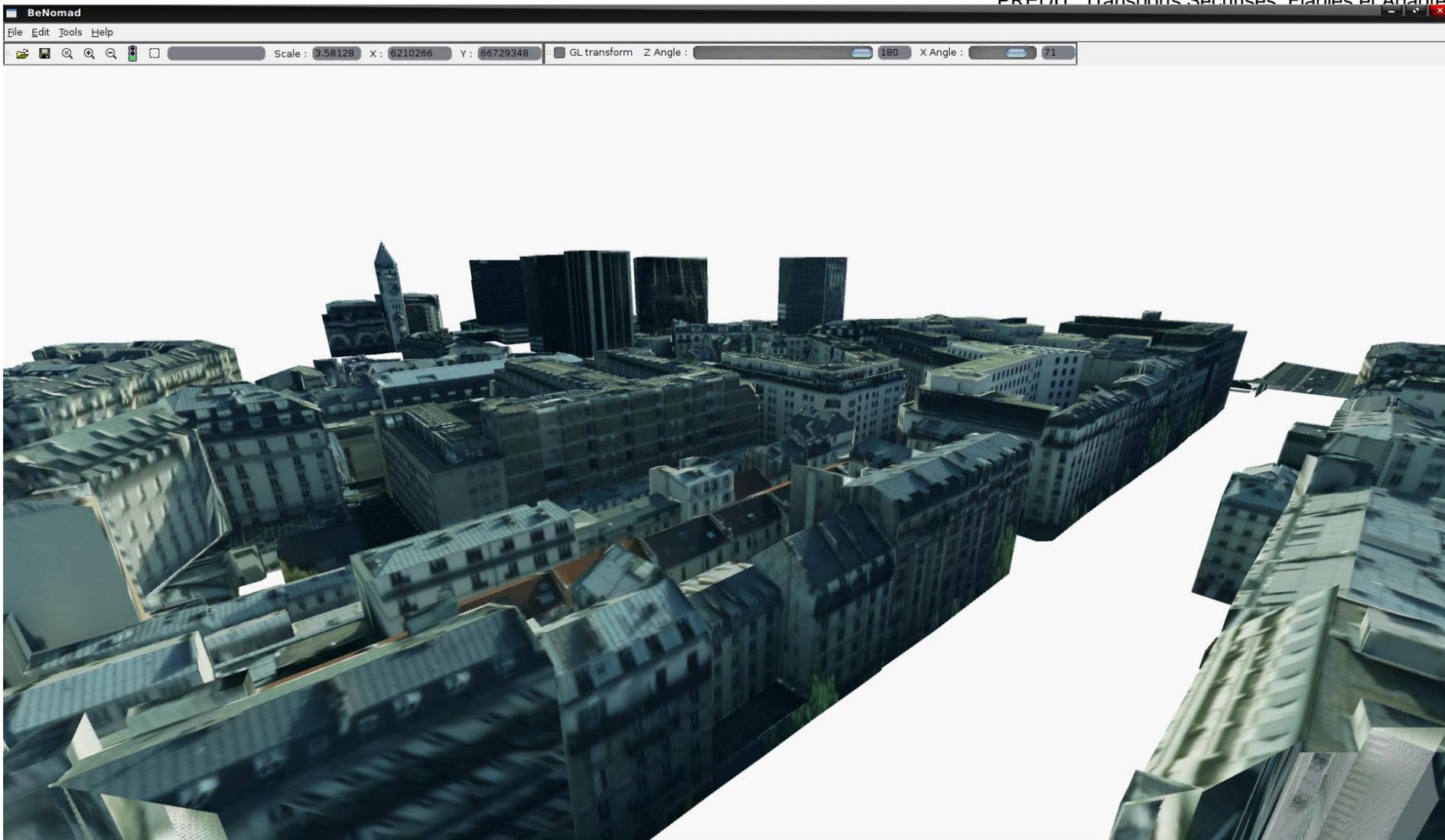
PREDIT, Transports Sécurisés, Fiables et Adaptés

- Le *Software Development Kit* (SDK) de BeNomad est composé d'un ensemble d'interfaces de programmation pour relier les fonctions de **navigation**, de **décodage d'adresses** et de **rendu**.
- Pour CityVIP, il y a aussi des fonctionnalités spécifiques (**moteur de rendu 3D**, **caméra virtuelle**, **calcul de distances dans le monde virtuel** utilisé dans l'algorithme NLOS d'IFSTTAR, ...).
- BeNomad fournit aussi la **base de données géoréférencées** directement exploitable par son SDK (données sources fournies par l'IGN).

Le SDK BeNomad et son moteur de rendu 3D (2)

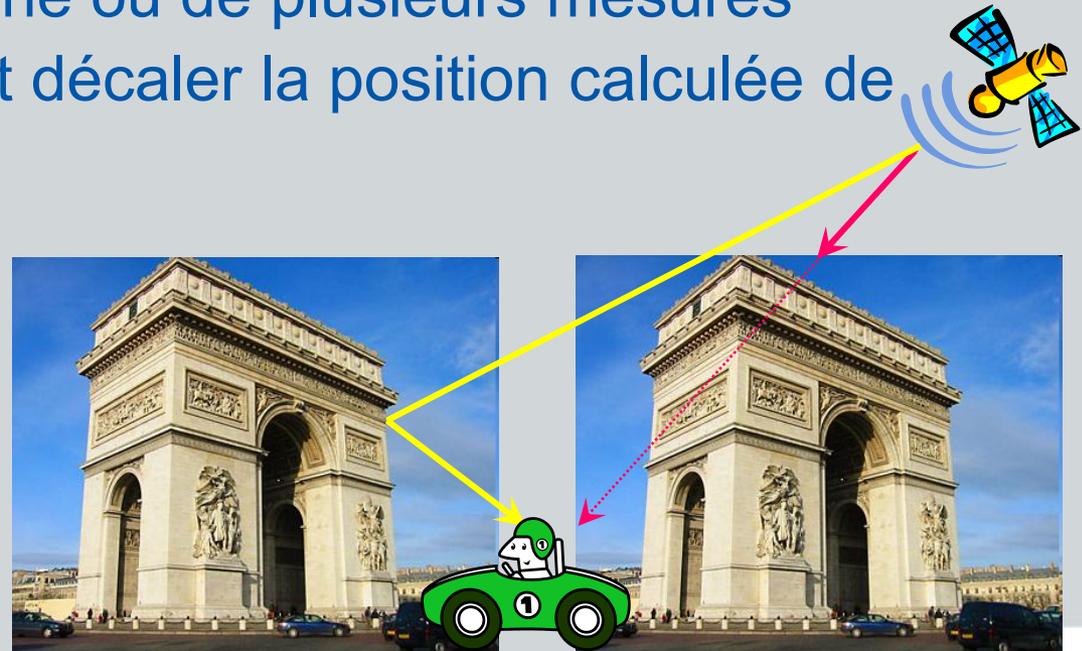


PREDIT Transports Sécurisés, Fiables et Adaptés

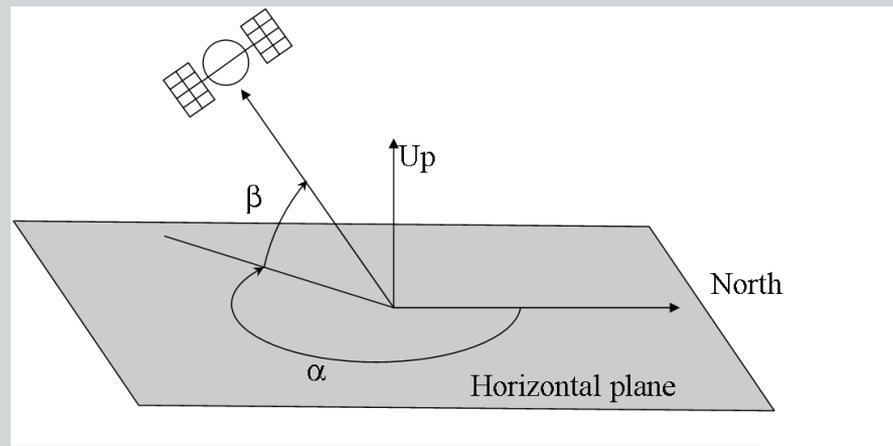
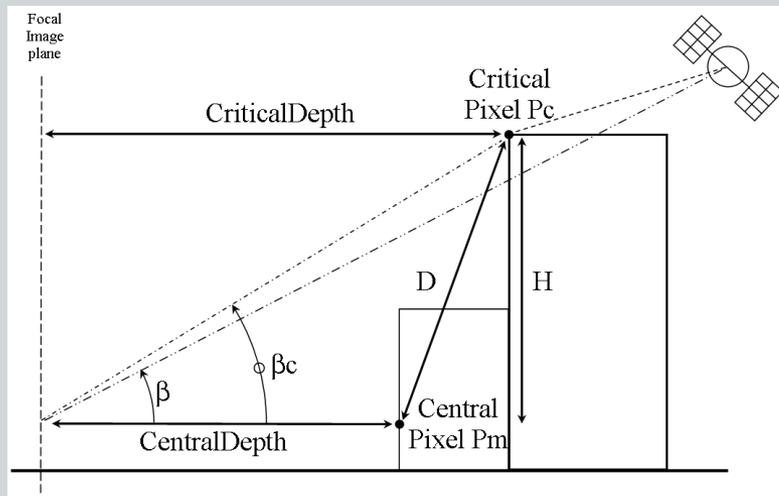
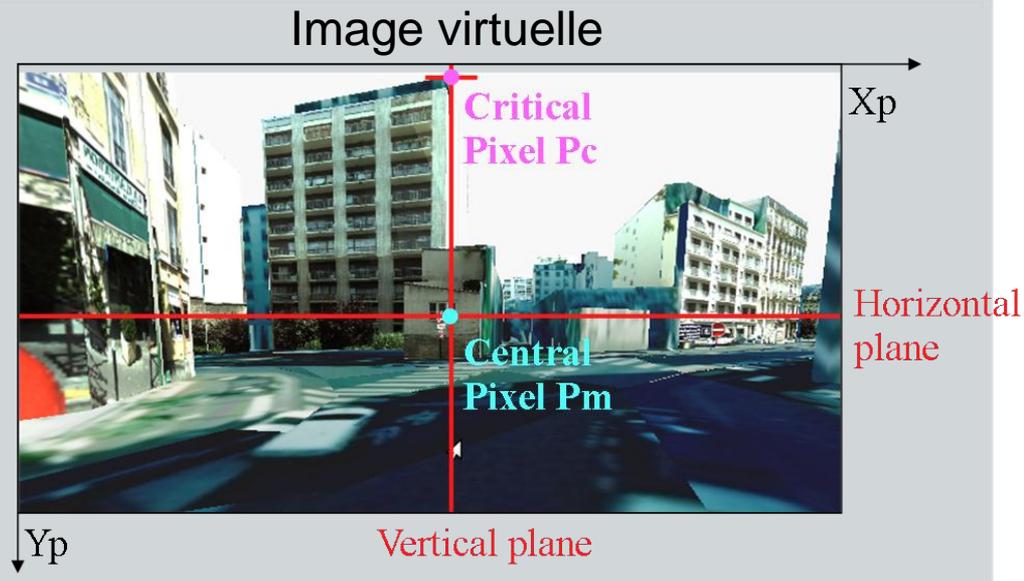
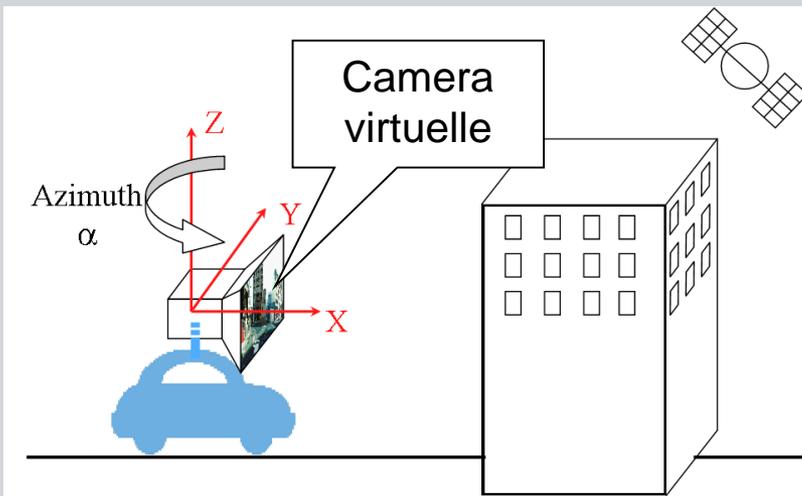


Le module de détection des signaux GPS NLOS (1)

- Les NLOS sont le "pire ennemi" du positionnement GNSS en ville !...
- La prise en compte d'une ou de plusieurs mesures affectée d'un NLOS peut décaler la position calculée de plusieurs mètres.
- CityVIP a développé une méthode exploitant le SDK de Benomad pour détecter et éliminer les mesures contaminées.



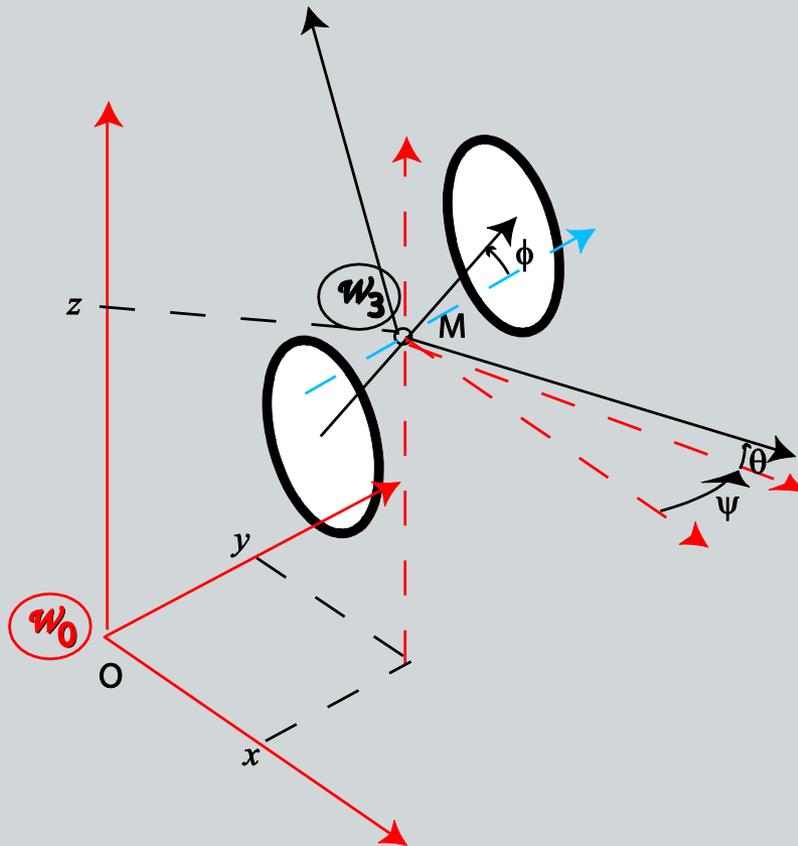
Le module de détection des signaux GPS NLOS (2)



Le module de localisation globale par fusion multi-capteurs

Monde 3D → Localisation 3D

Configuration : $(x, y, z, \psi, \theta, \phi)$
dans (repère local ENU)



Modèle d'évolution :

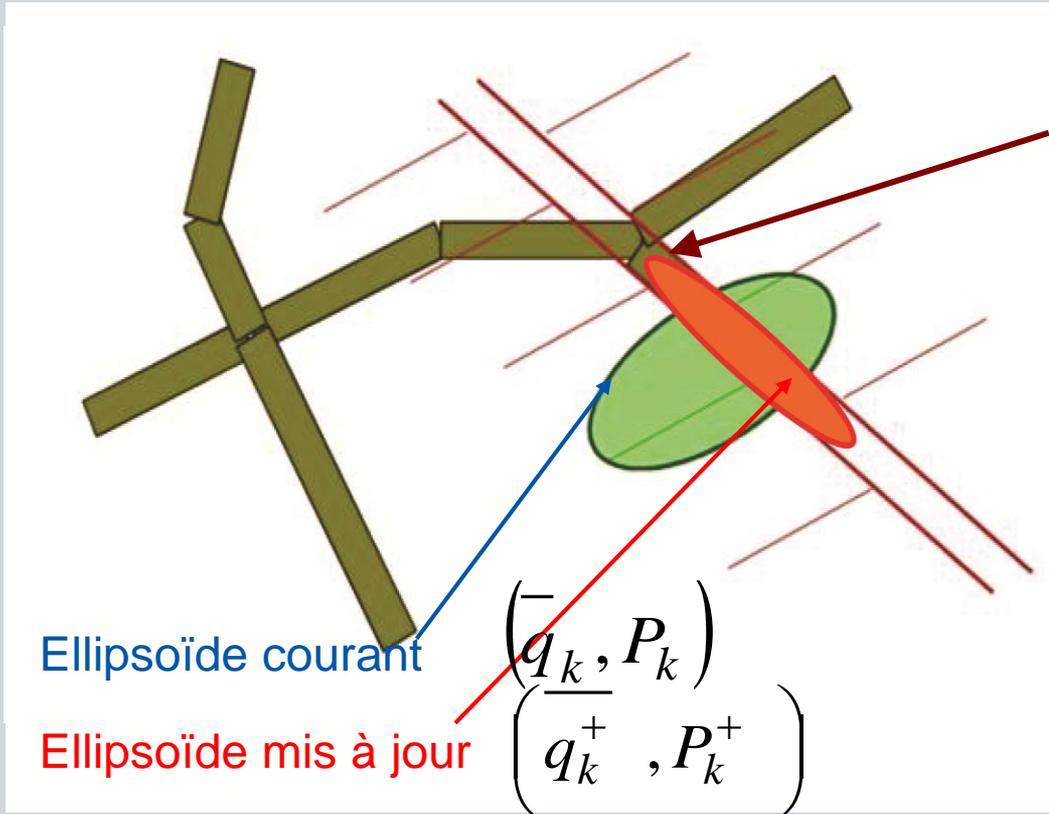
$$\frac{d}{dt} \begin{bmatrix} x \\ y \\ z \\ \psi \\ \theta \\ \phi \end{bmatrix} = v \begin{bmatrix} \cos \psi \\ \sin \psi \\ \theta \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0 \\ 0 \\ 0 \\ 1 \\ -\phi \\ \theta \end{bmatrix} \chi$$

Le module de localisation globale par fusion multi-capteurs

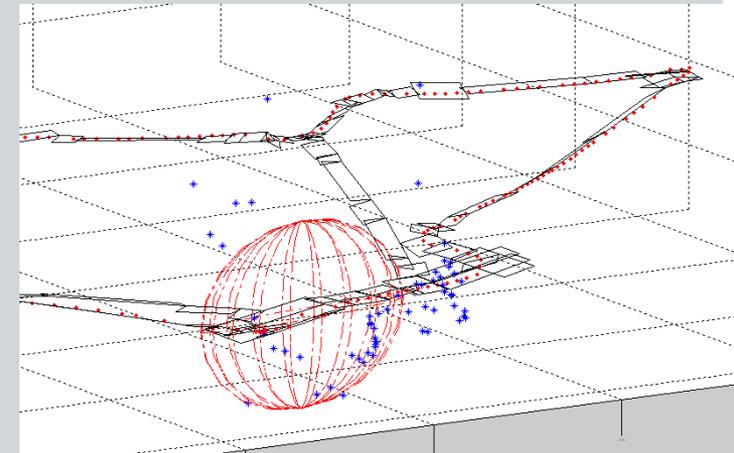
Fusion de données : domaine ellipsoïdaux

$$\left(\bar{q}_k \in \mathbb{R}^6, P_k \in \mathbb{R}^{6 \times 6} \right) \left\{ \left(q - \bar{q}_k \right)^T \left(P_k \right)^{-1} \left(q - \bar{q}_k \right) \leq \chi^2 \left(p_0 \right) \right\}$$

Mise en correspondance avec la carte (map matching)



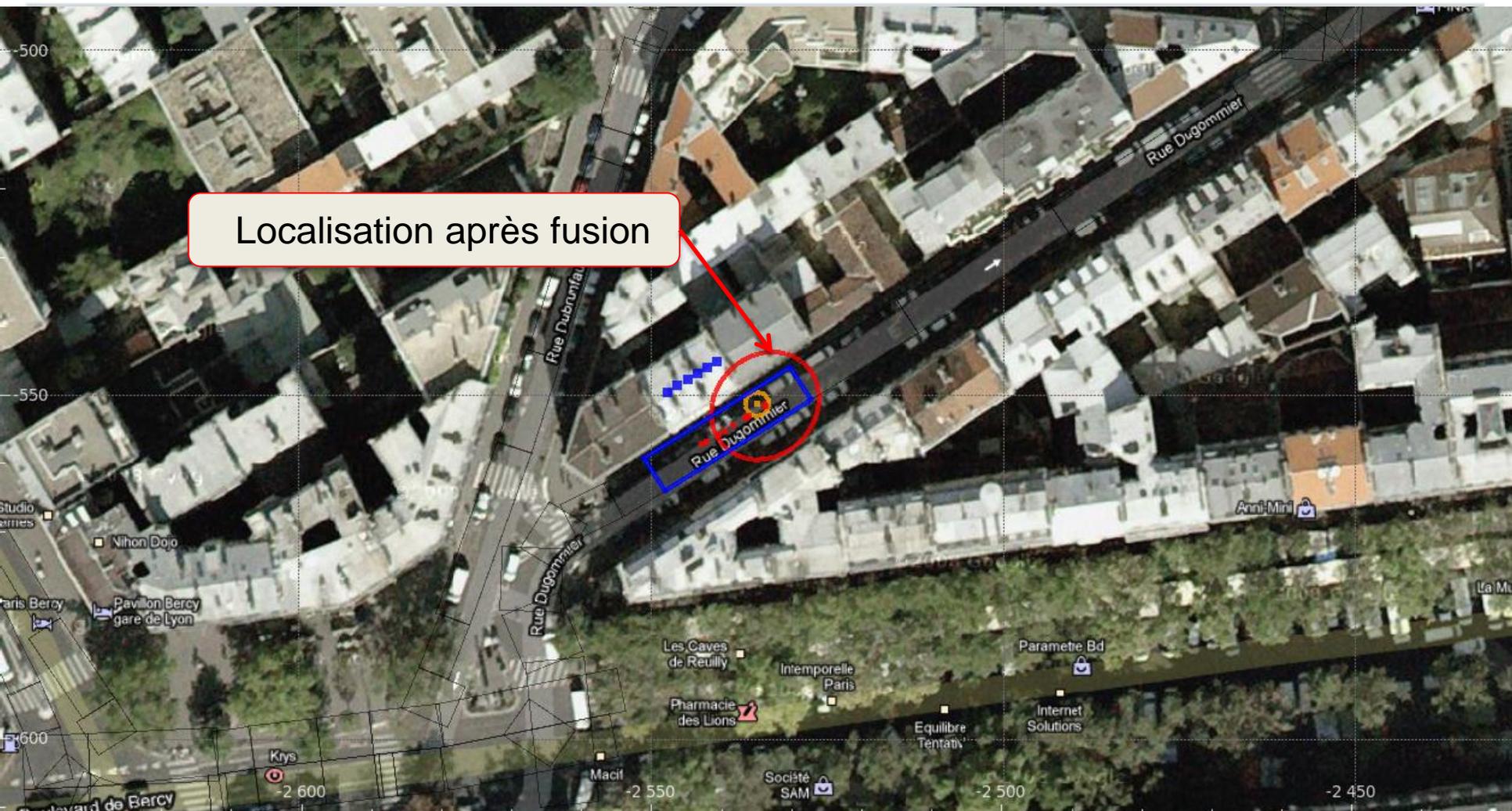
Segments de route :
Contraintes linéaires



Résultat sur Paris

Le module de localisation globale par fusion multi-capteurs

Fusion lot 1/lot 2



L'intégration dans le véhicule de démonstration VERT (1)

Mesure de référence des trajectoires



Baie d'acquisition (RT-Maps, Aroccam...)



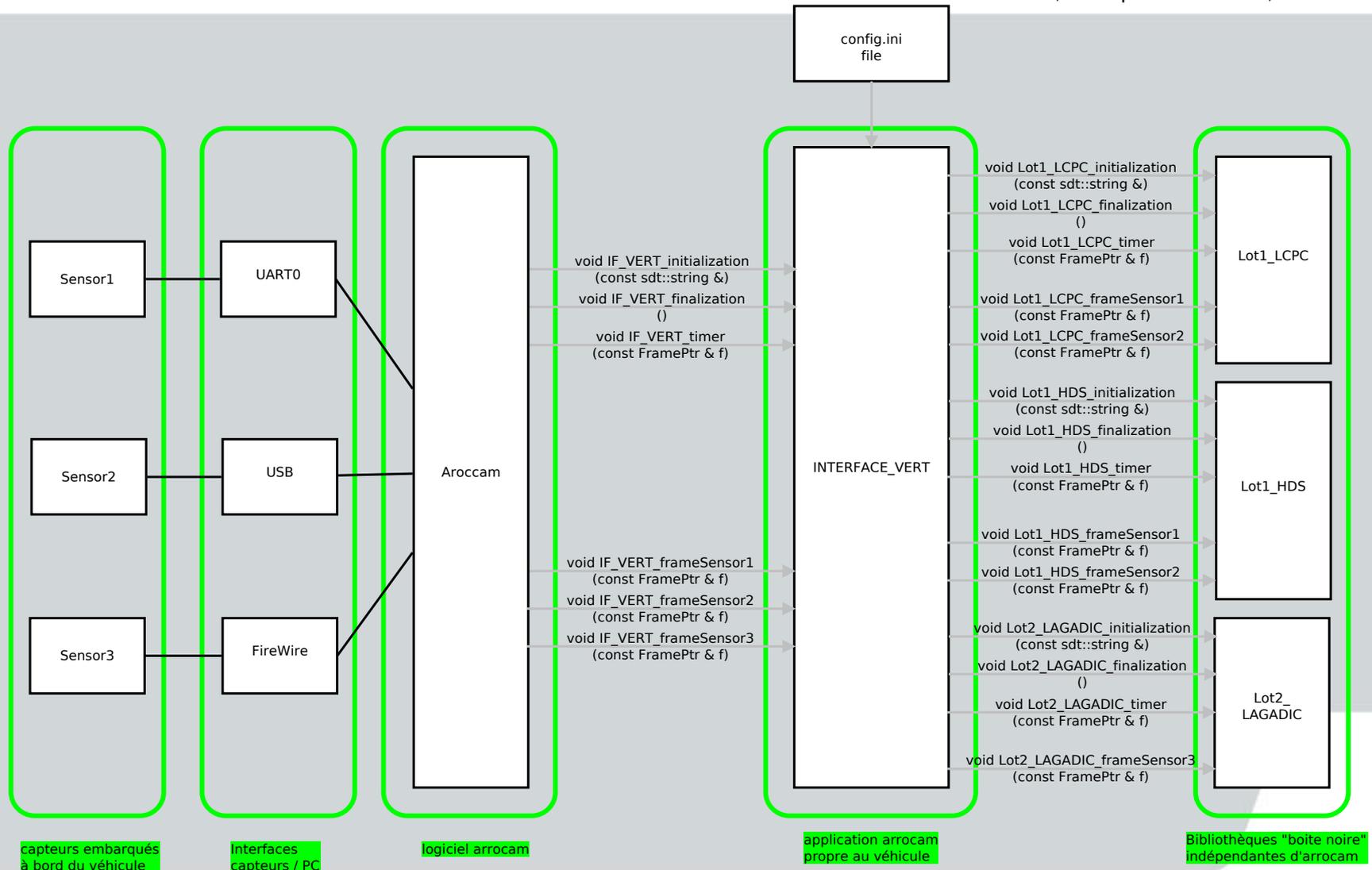
Récepteur GPS bas-coût



Codeurs de roues



Architecture logicielle modulaire, basée autour du middleware aroccam

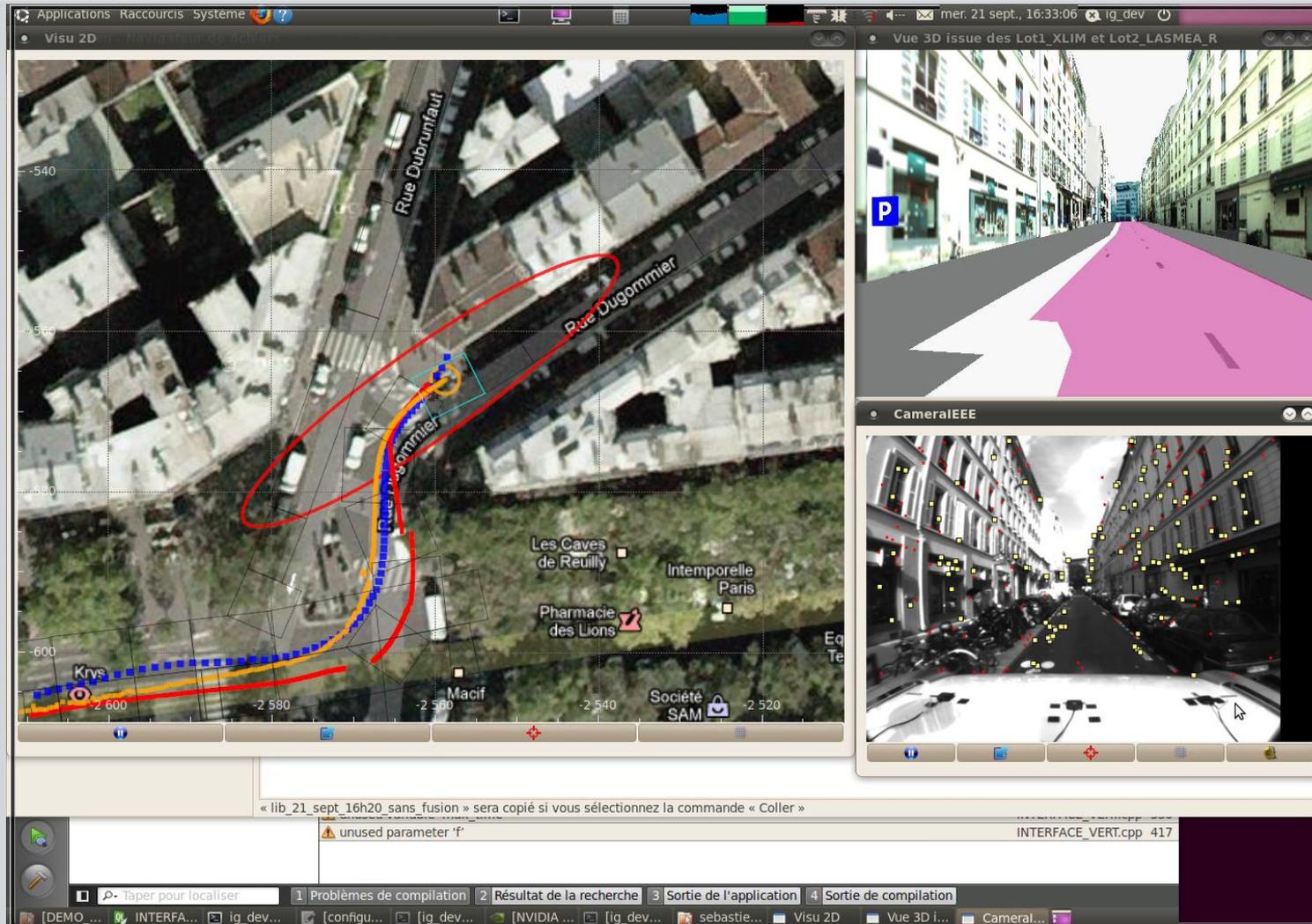


Présentation des démonstrations



Présentation des démonstrations

PREDIT, Transports Sécurisés, Fiables et Adaptés



Merci pour votre attention...

