

Localisation de véhicules à l'aide d'un modèle virtuel 3D urbain

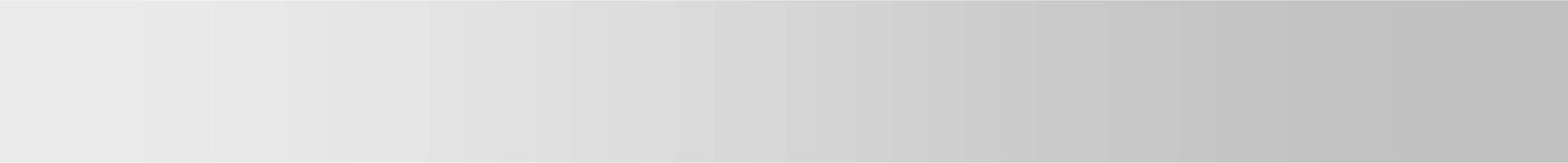
Cindy Cappelle

Maan El Badaoui El Najjar

Equipe MAIA - LORIA - INRIA Nancy Grand Est

Equipe SFSD - LAGIS, Lille

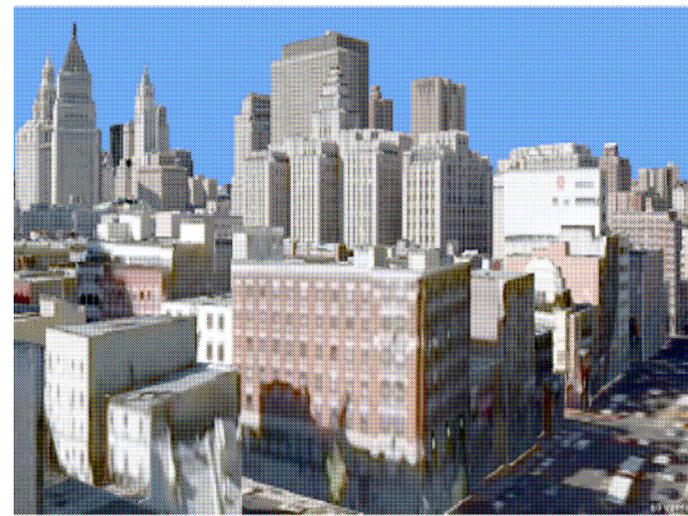




Modèle virtuel 3D urbain

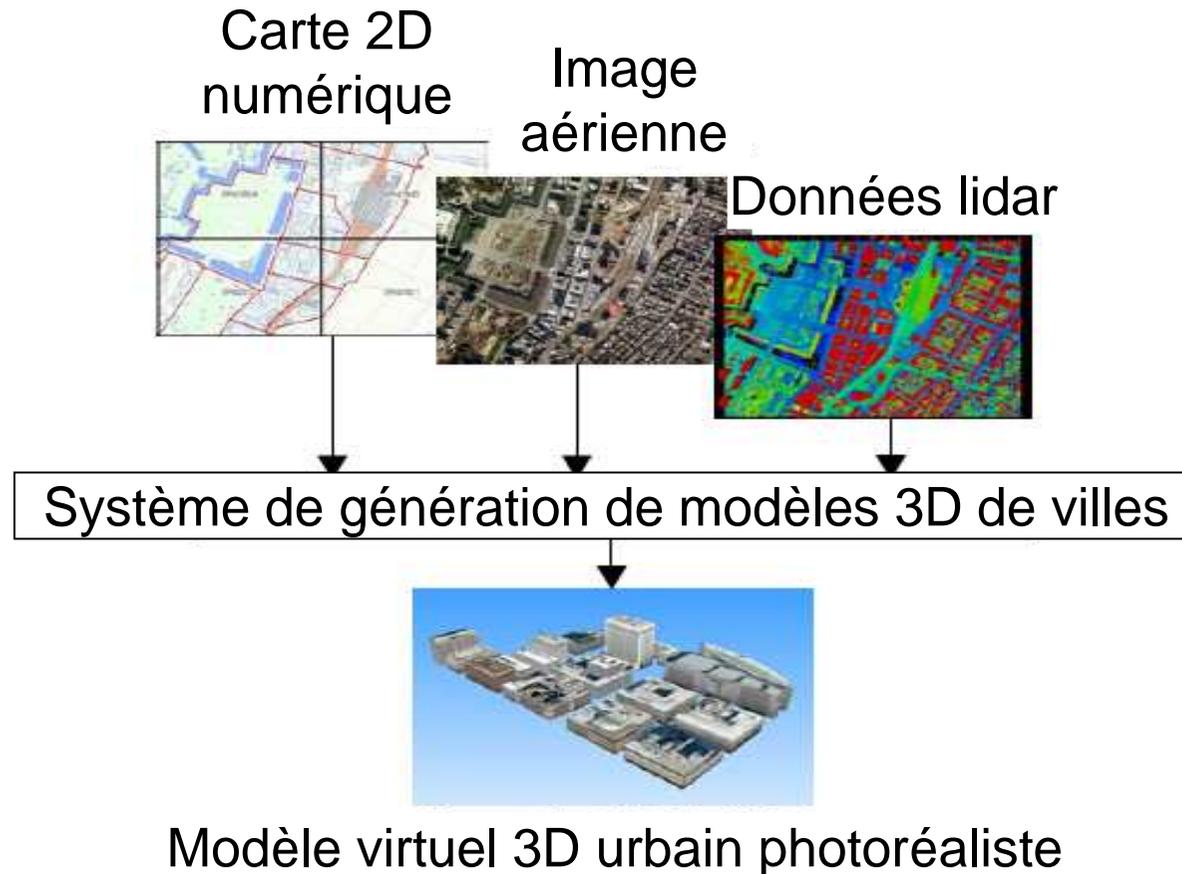
Modèle virtuel 3D urbain

- Représentation en 3D photo-réaliste de l'environnement d'évolution du véhicule



- Virtual Earth
- Google Earth
- Geoportail
- Bati3D de l'IGN
- ...

Construction d'un modèle 3D

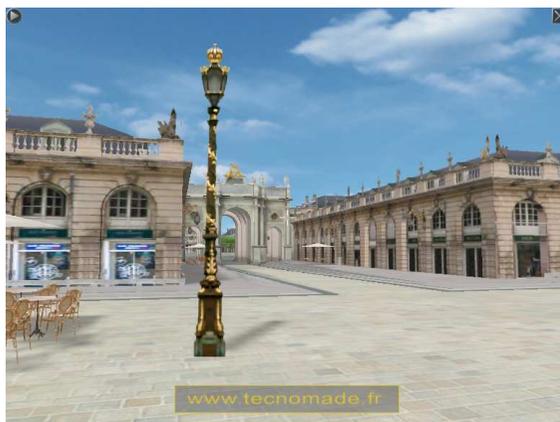


Modèle 3D utilisé

- Modèle virtuel de la place Stanislas à Nancy
- Société Tecnomade

Tecnomade .fr
Analyser, Décider, Communiquer en 3D

MAQUETTES 3D TEMPS-REEL
d'aide à la communication et à la concertation
pour l'architecture, l'urbanisme et la promotion immobilière



Modèle 3D utilisé

- Base de données du modèle virtuel 3D
Tecnomade est constituée de :
 - Images JPEG : les textures
 - 3 fichiers XML :
 - La géométrie (Polygones, Vertex ...)
 - Le graphe de scène
 - Informations sur le modèle 3D
- Démonstration

Chargement



- Système d'information géographique 3D
- Outils et méthodes pour manipuler la base de données géographiques 3D

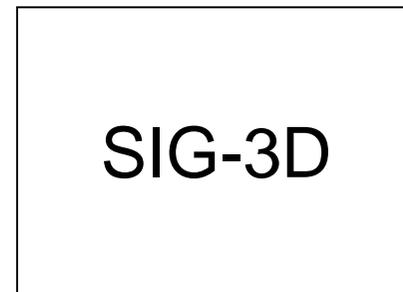
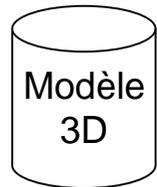
Les entrées du SIG-3D



SIG-3D

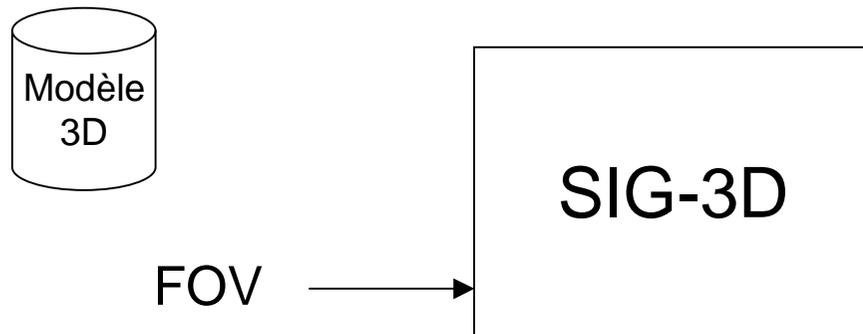
Les entrées du SIG-3D

- La base de données



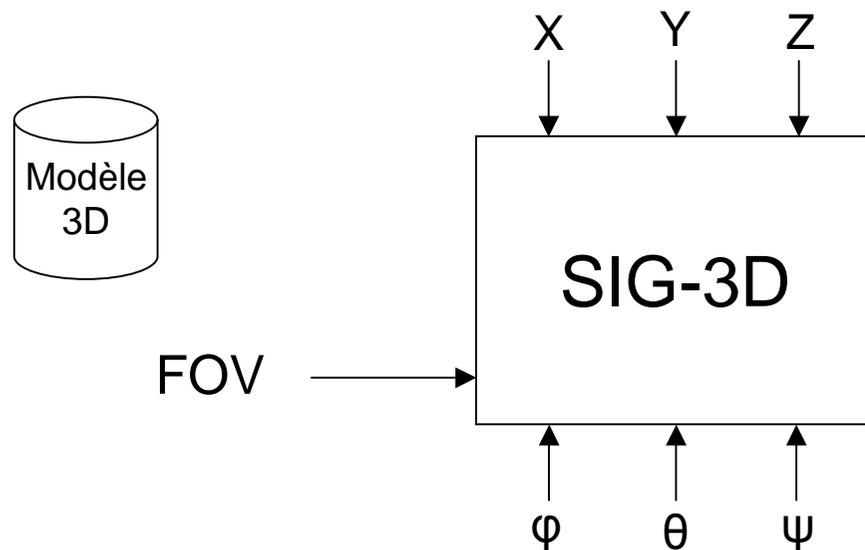
Les entrées du SIG-3D

- Le paramètre intrinsèque de la caméra virtuelle:
⇒ FOV (Field Of View)



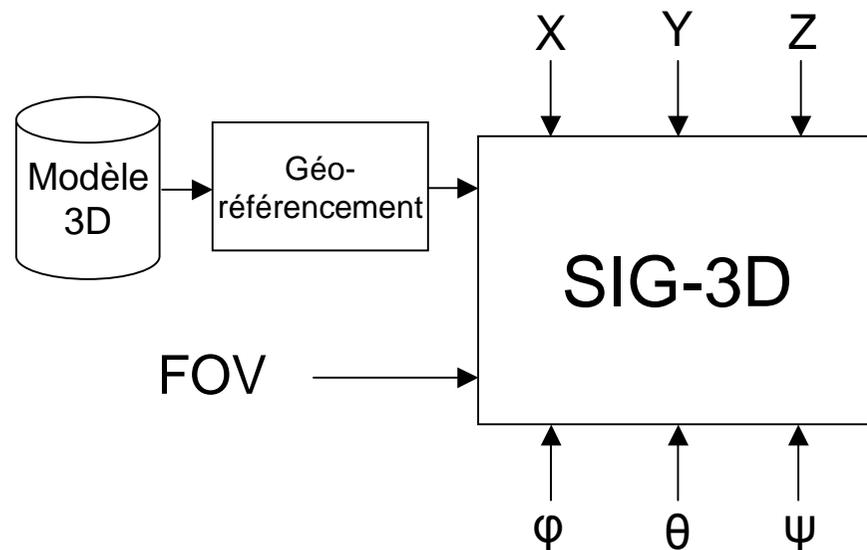
Les entrées du SIG-3D

- Les paramètres extrinsèques de la caméra virtuelle

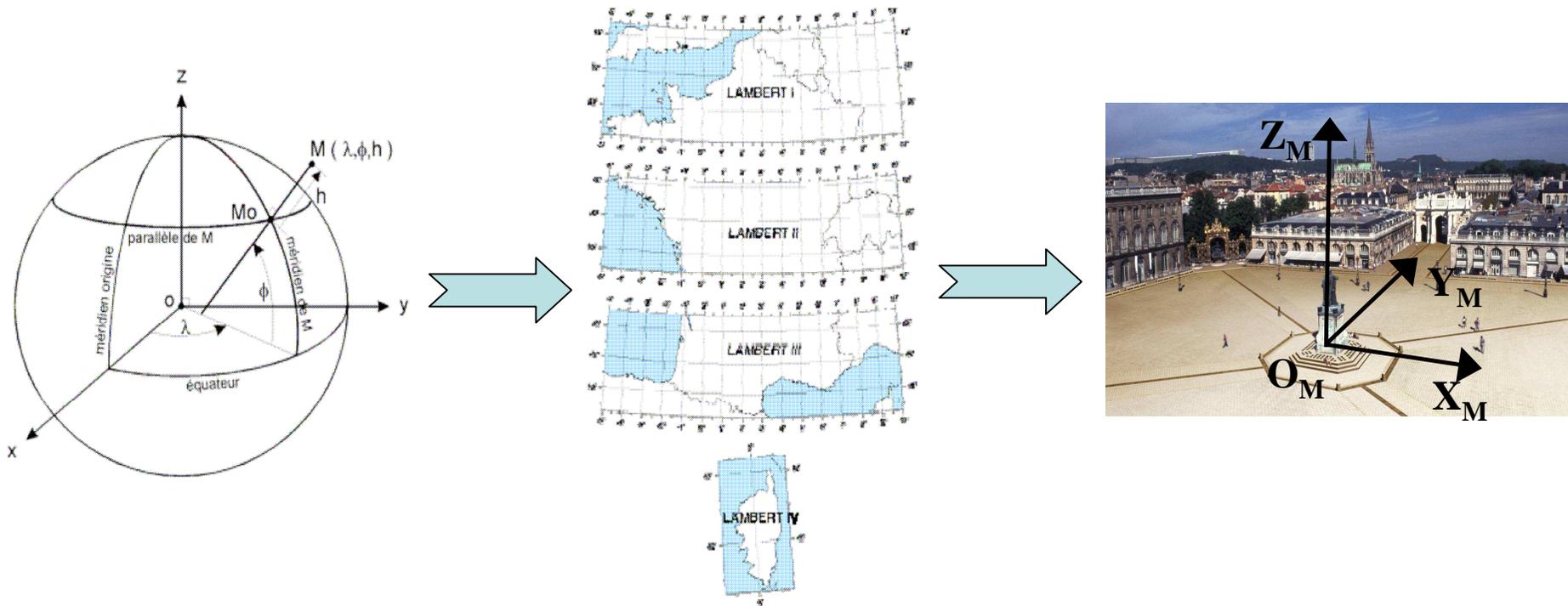


Une fonction du SIG-3D

- Le géo-référencement du modèle 3D



Géo-référencement du modèle 3D



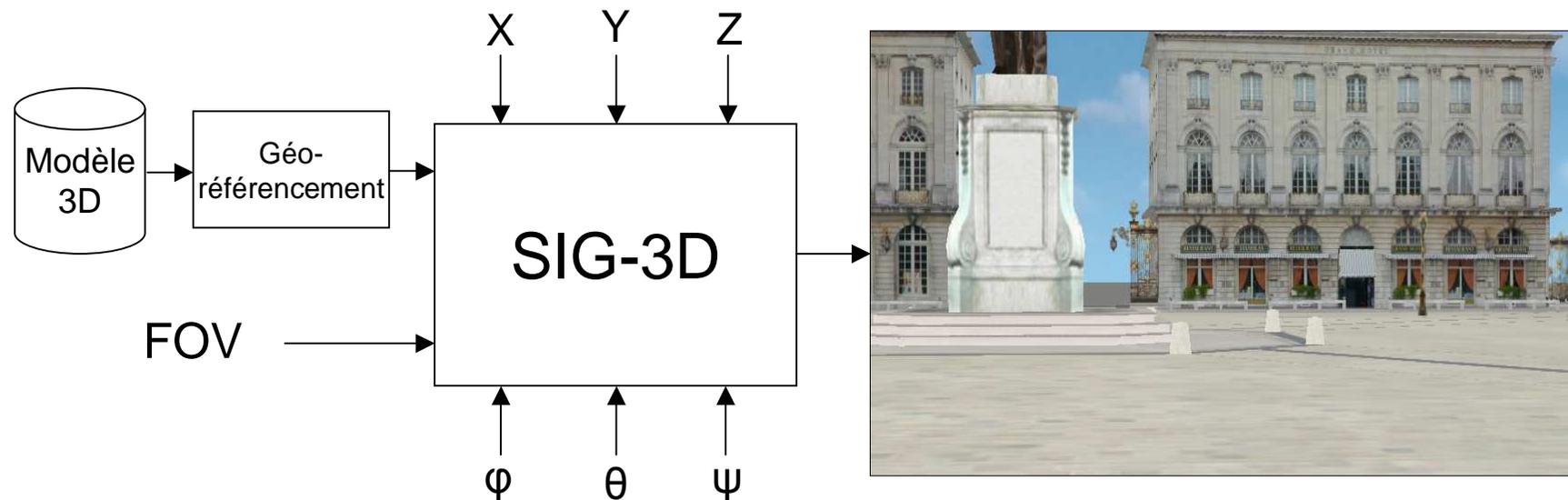
Coordonnées
Géographiques
WGS84

Coordonnées
Planes
Lambert

Coordonnées
dans le repère
du modèle 3D

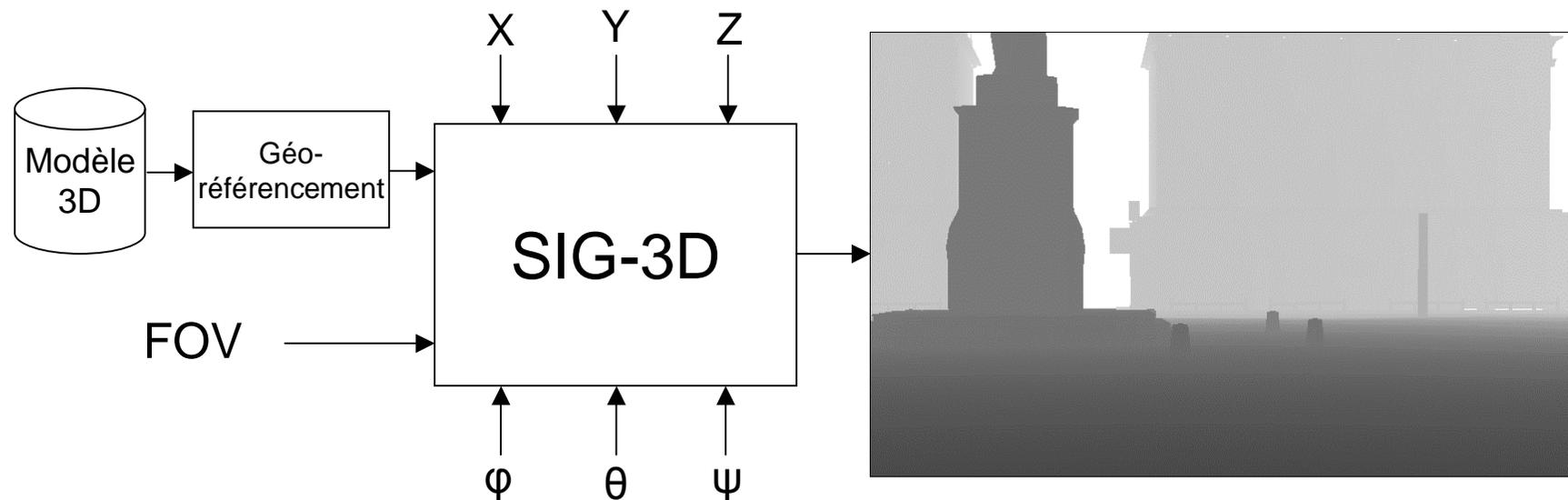
Les sorties du SIG-3D

- Image virtuelle



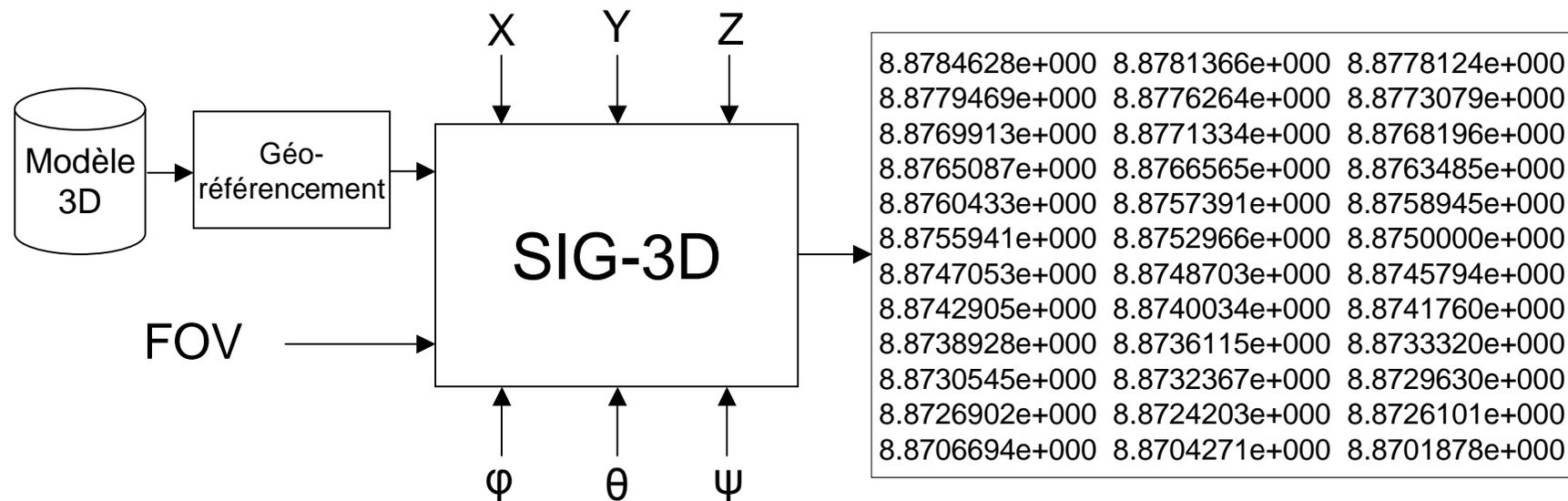
Les sorties du SIG-3D

- Image de profondeur



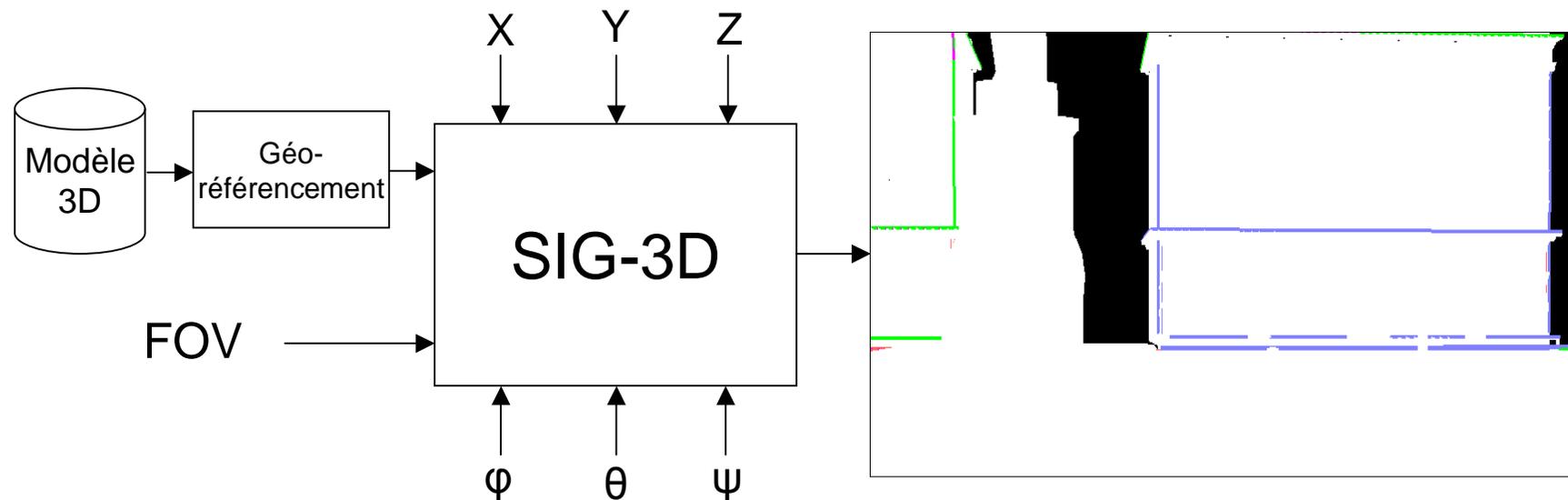
Les sorties du SIG-3D

- Fichier de profondeur



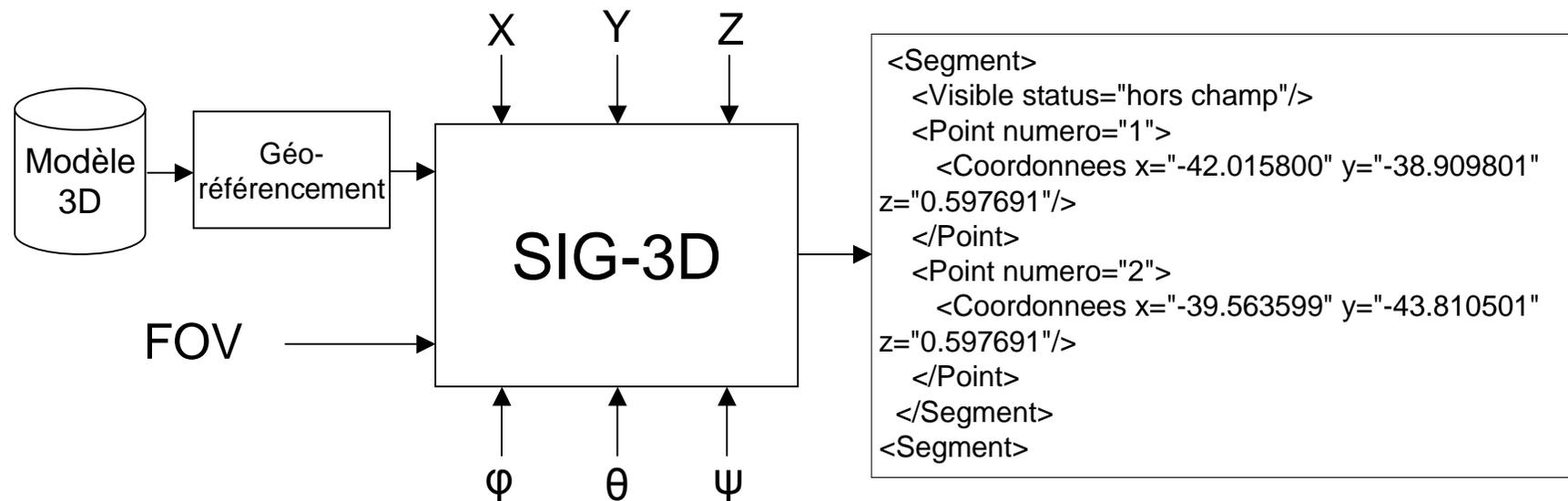
Les sorties du SIG-3D

- Image des segments 3D virtuels visibles



Les sorties du SIG-3D

- Segments 3D de la base



SIG-3D

Dialogue Avec Le Moteur de Recherche de la B3D

RECU : PORTEYE : la caméra est placée comme il vient de lui être demandé !
RECU : PORTEYE : La capture a été réalisée correctement
RECU : PORTEYE : la caméra est placée comme il vient de lui être demandé !
RECU : PORTEYE : La capture a été réalisée correctement
RECU : PORTEYE : la caméra est placée comme il vient de lui être demandé !

Session ID : PortEye SHM

Connection SHM Ouvrir Base
Déconnection SHM Charger Carte
Fermer Base

Envoyer

Trame brute NMEA du GPS

1145856449968000	52	252	572	402	0.849866622472
1145856450046000	54	254	574	604	0.849866624217
1145856450125000	56	256	576	806	0.849866626253
1145856450218000	58	258	588	8	0.849866634107

Lock To Socket

Ouvrir Socket
Fermer Socket

Configuration

Serveur IP 152 . 81 . 14 . 88 Port Number 3000

X Base3D [m] 5.614255 Y Base3D [m] 23.995406 Z Base3D [m] 2.000000

6 DOF de la caméra virtuelle dans La B3D

-88.000000 0.000000 42.020348

Angle autour X ° Angle autour Y ° Angle autour Z° (Cap)

934241.888255 6848455.55662€ 42.020348 Données du DGPS-H

E Lambert 93 N Lambert 93 Cap Gyro °

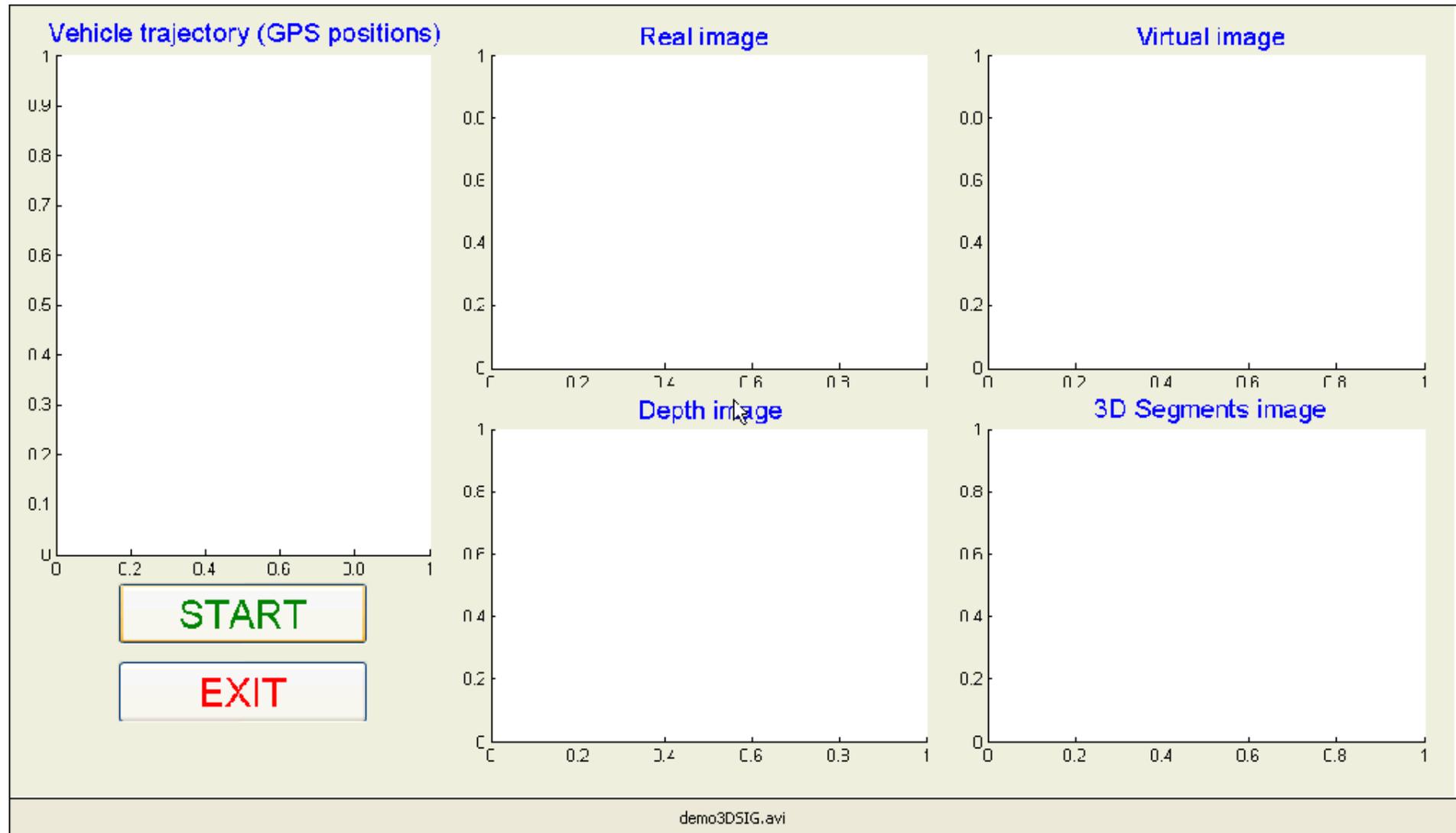
Frame Nb 15

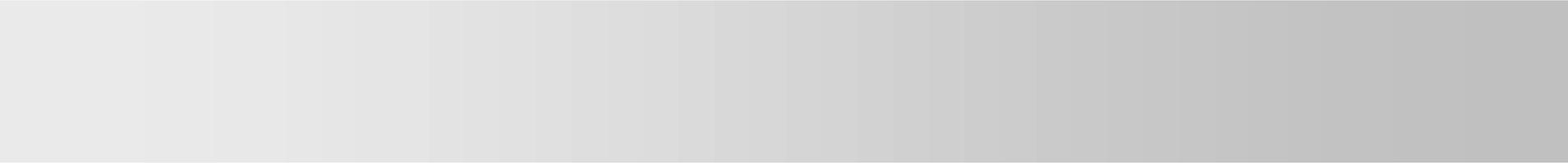
Ouvrir Fichier Video play
Pause Reset
Charger Video

Vitesse de Navigation 500 ms

Quitter

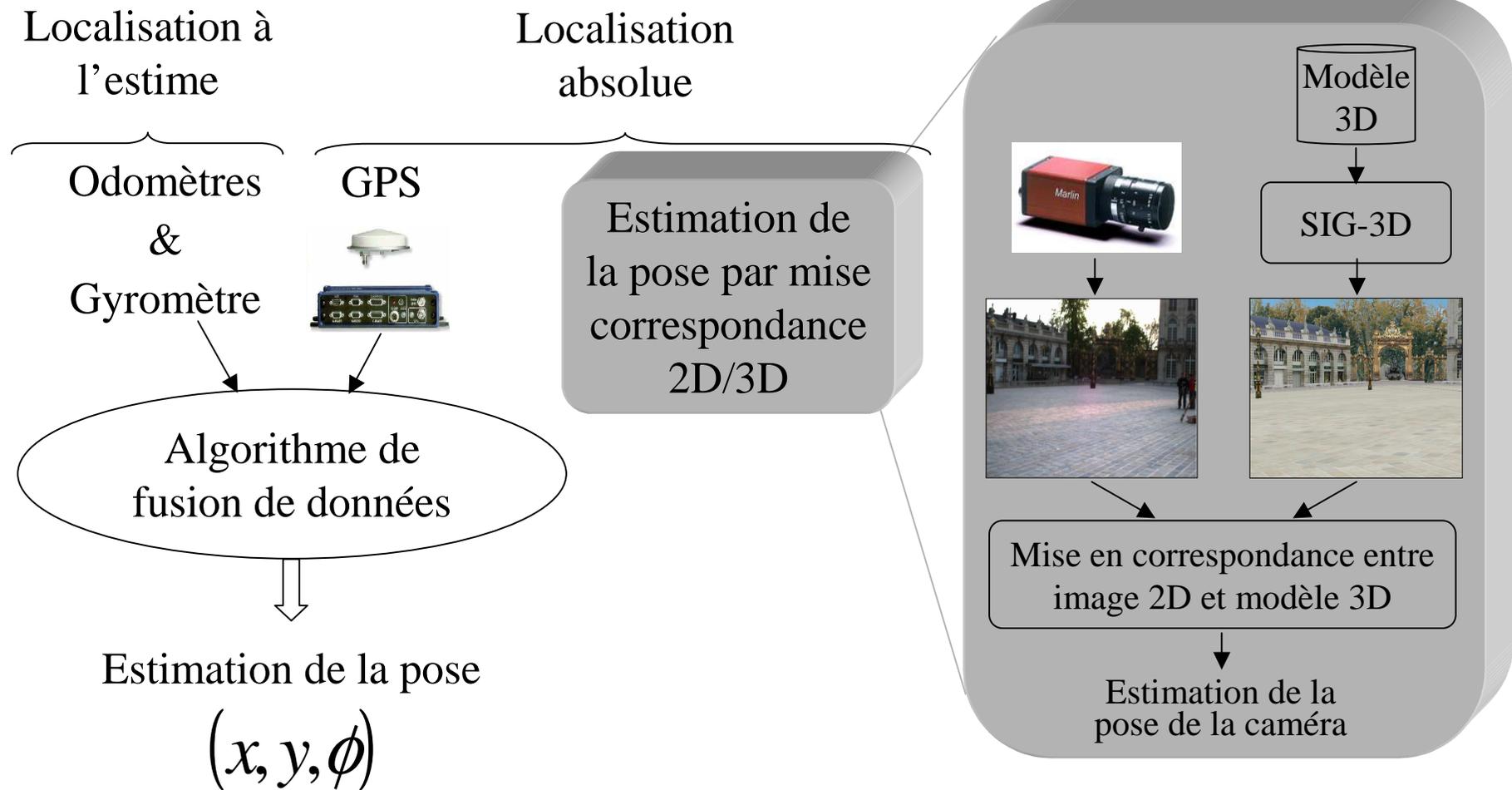
SIG-3D



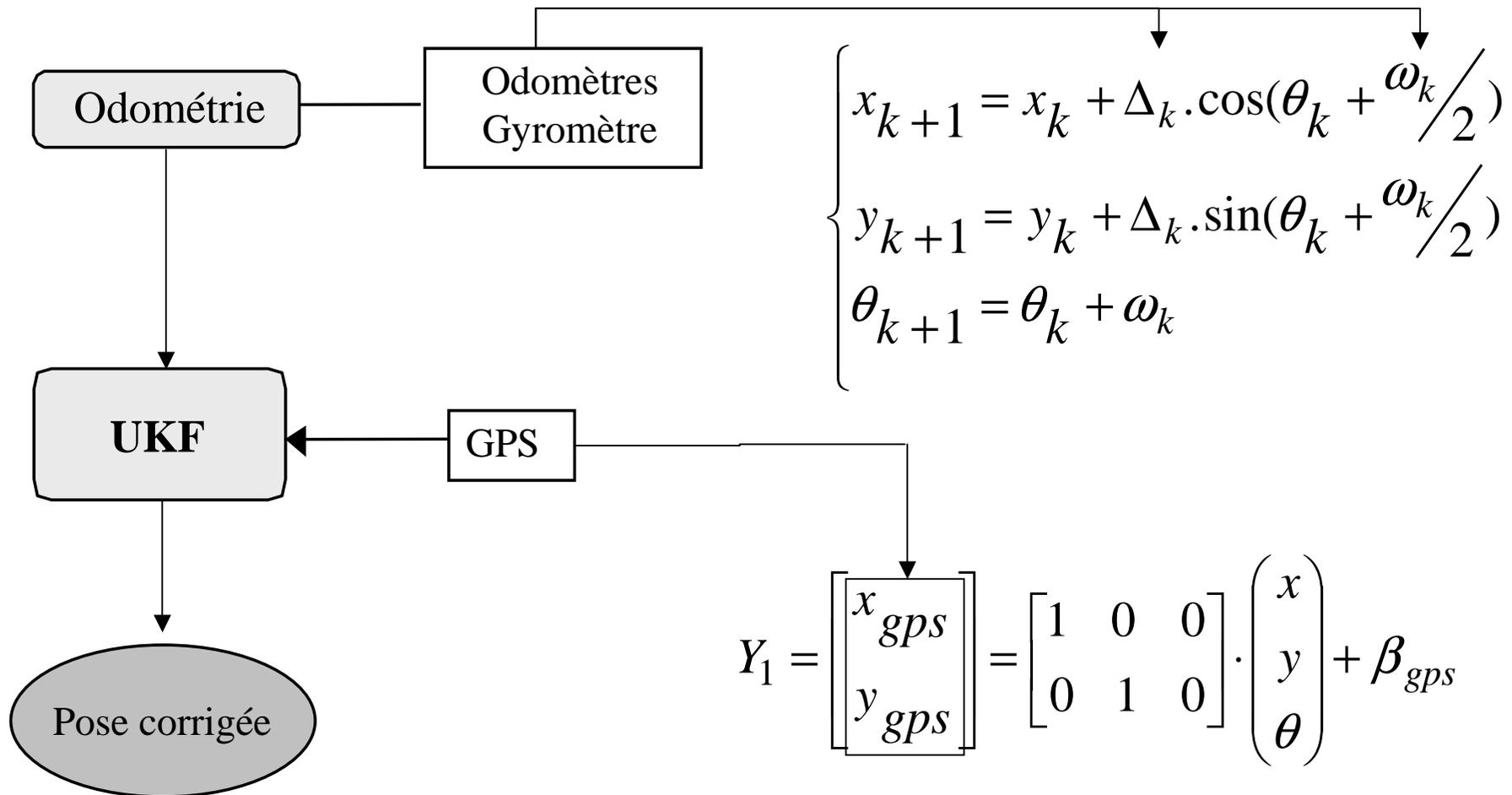


Utilisation d'un modèle virtuel 3D pour la localisation

Principe général



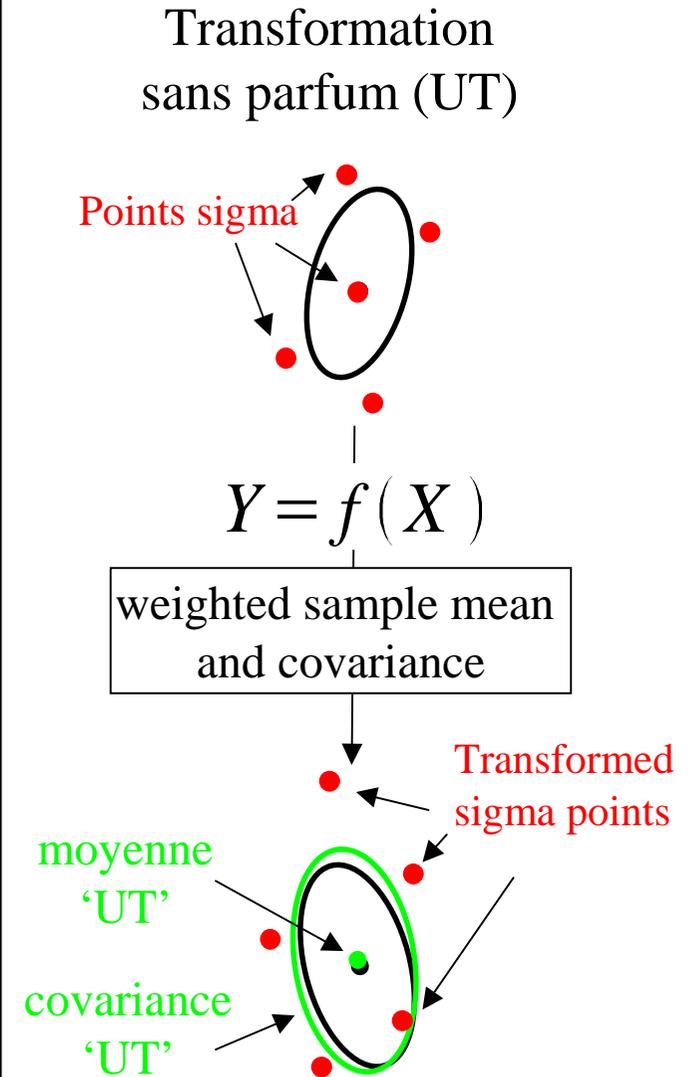
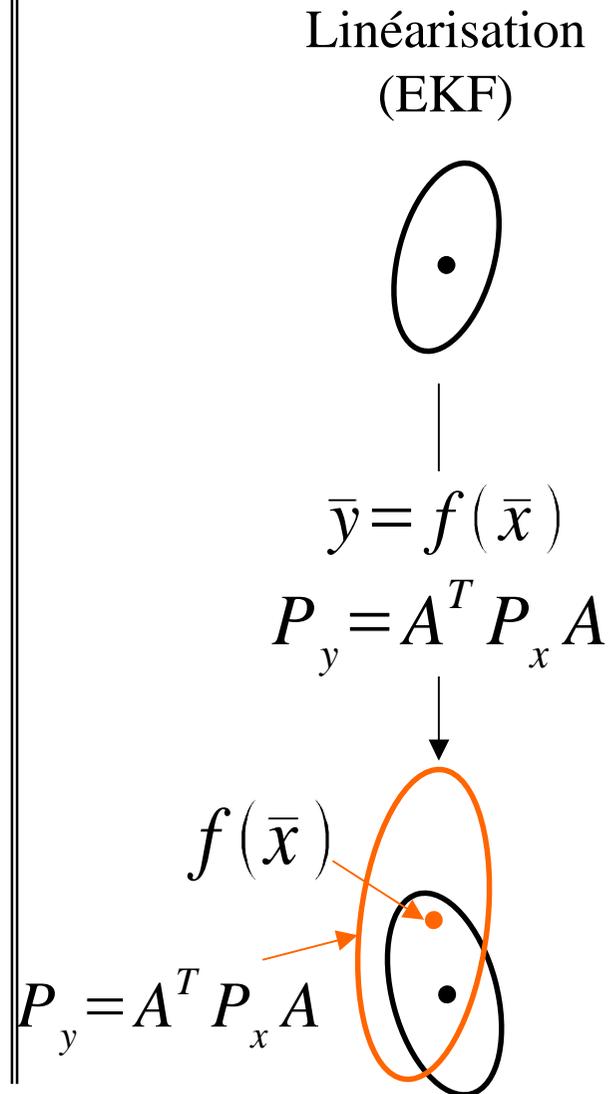
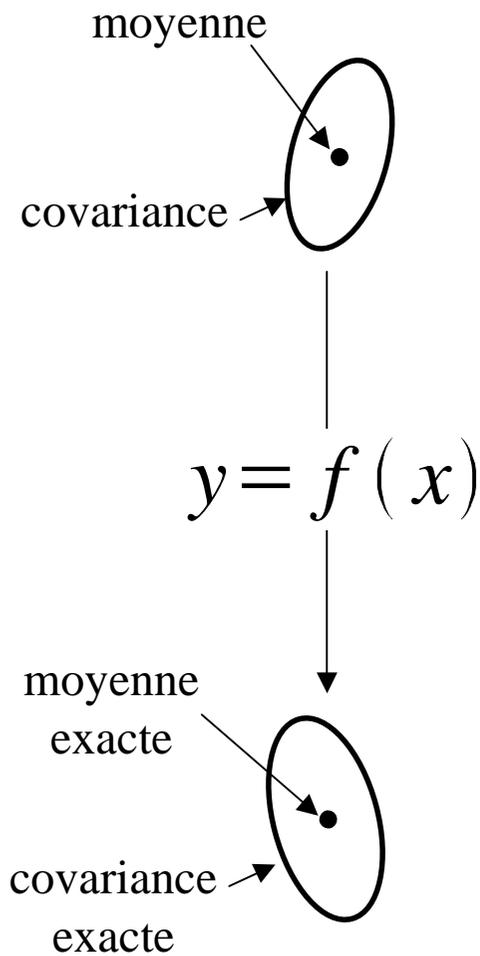
Algorithme de fusion de données



Filtre de Kalman sans parfum

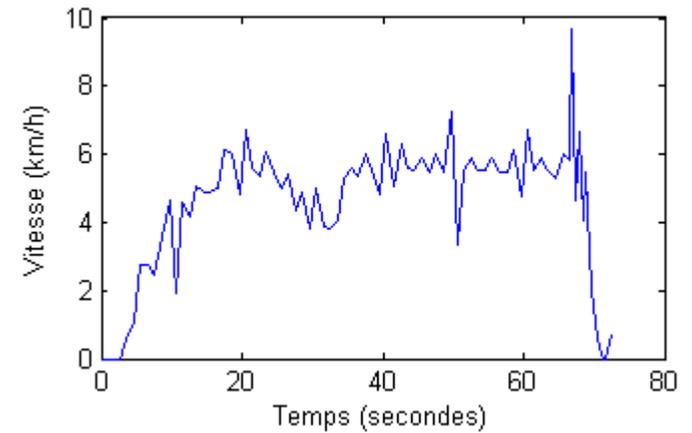
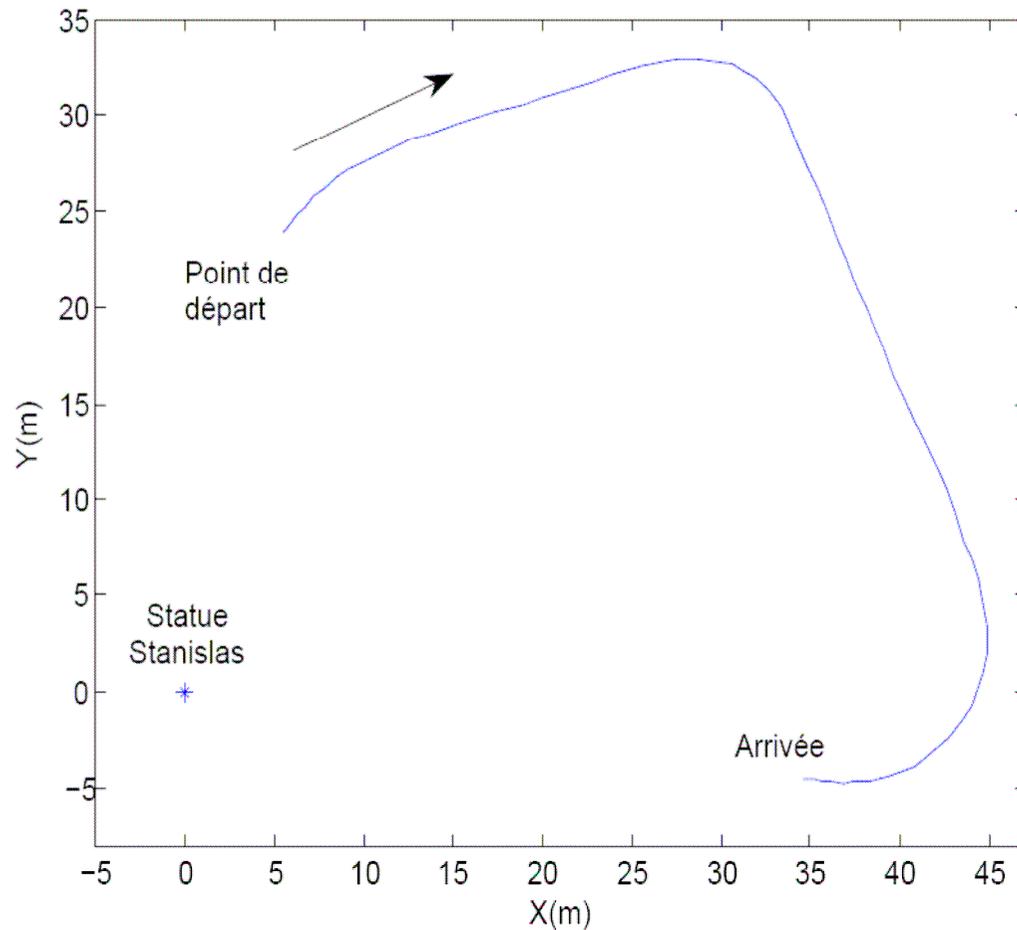
- Formalisme Bayésien
 - Système linéaire
 - Filtre de Kalman
 - Observateur de type prédicteur / estimateur
 - Système non-linéaire
 - Filtre de Kalman étendu
 - ⇒ Linéarisation de la fonction non-linéaire autour de valeur prédite
 - Filtre de Kalman sans parfum
 - ⇒ Unscented Kalman Filter (UKF)
 - ⇒ Approximation de la densité de probabilité gaussienne

Transformation sans parfum

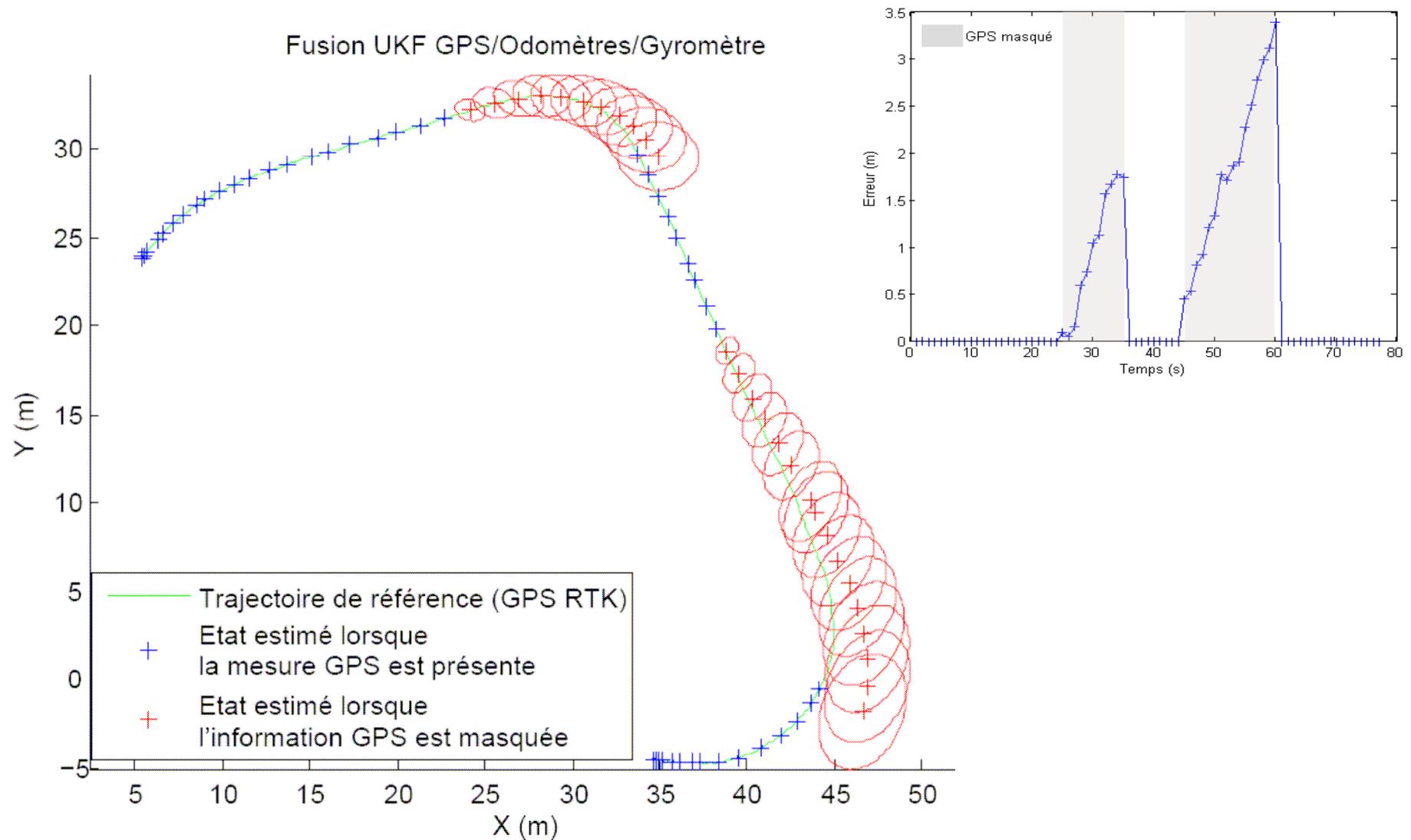


The Unscented Kalman Filter for Nonlinear Estimation - Eric A. Wan and Rudolph van der Merwe

Résultats expérimentaux



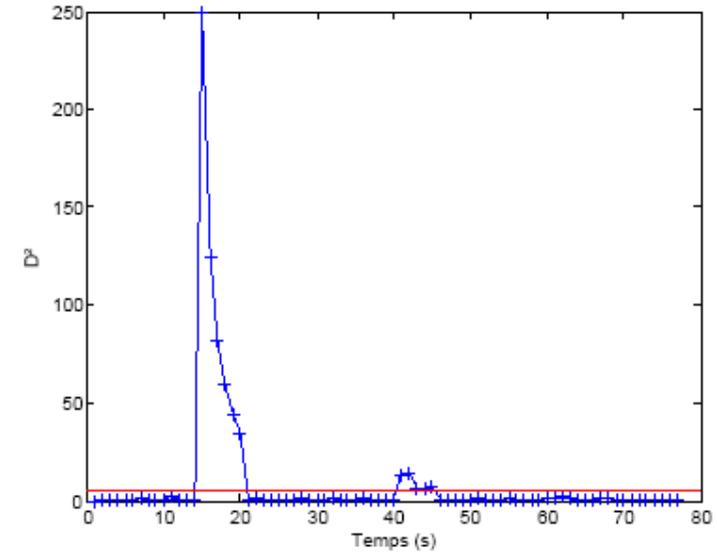
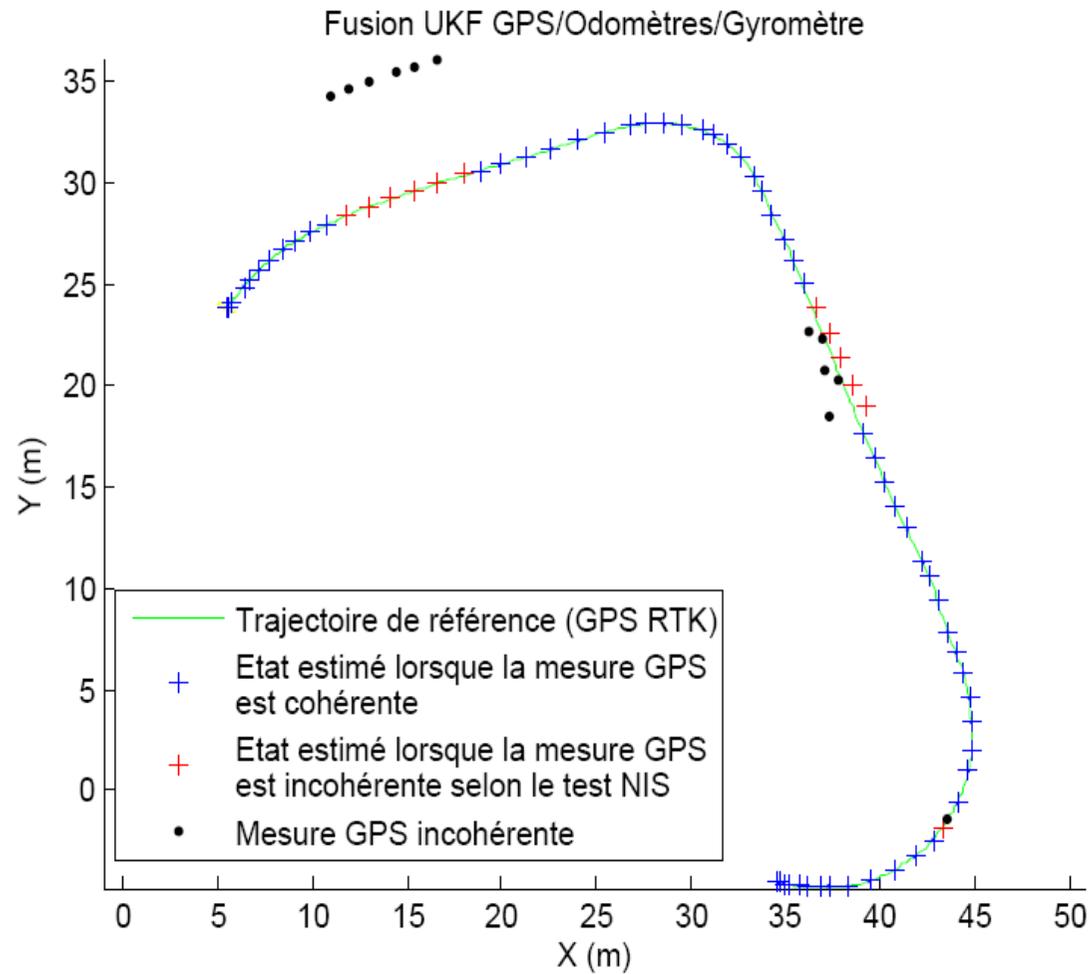
Résultats expérimentaux



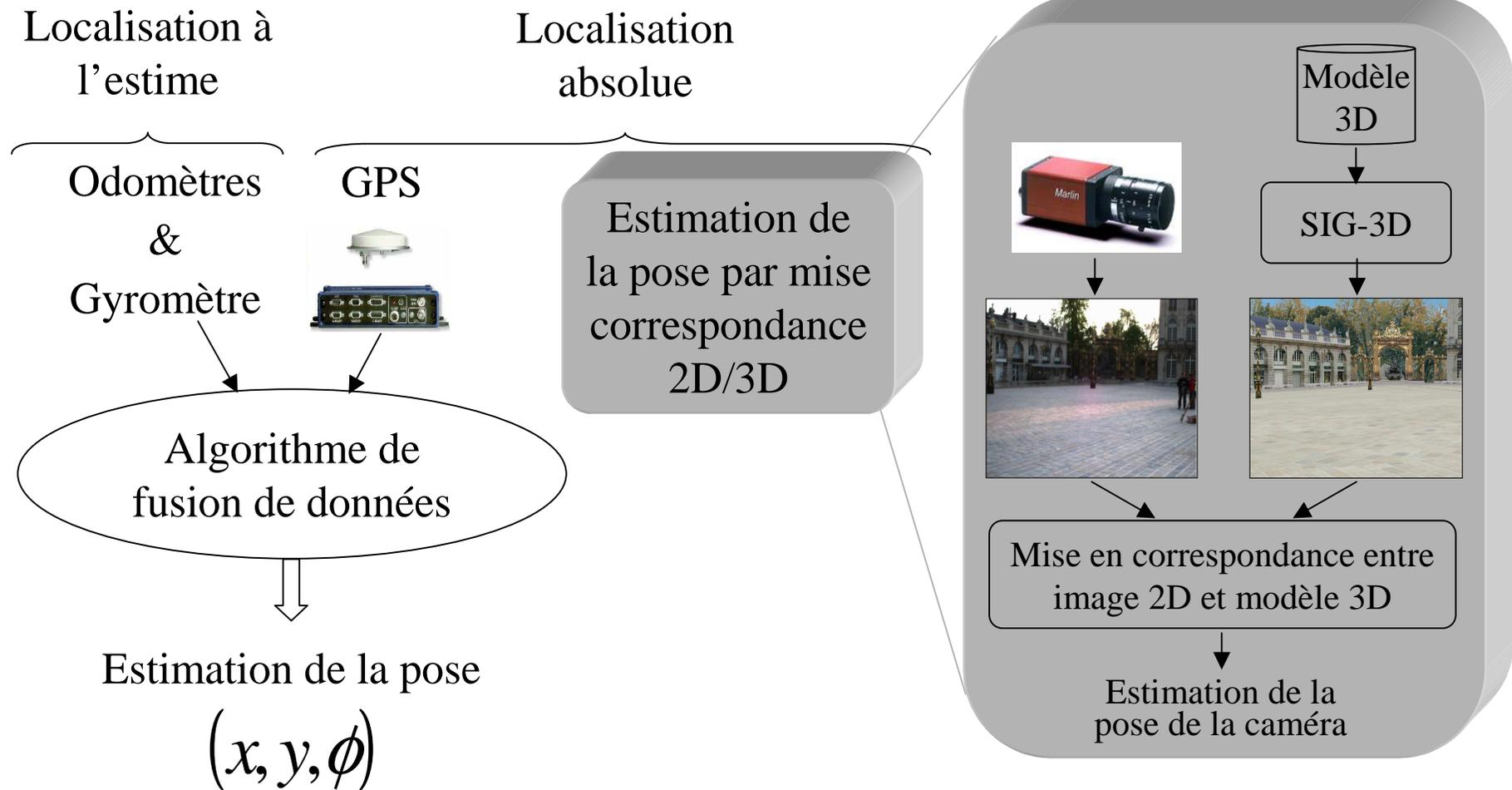
Test de cohérence

- Rejet des mesures GPS aberrantes
- Test de la cohérence des observations GPS avec la prédiction basé sur l'innovation
⇒ NIS (Normalized Innovation Square)
- Calcul de la distance $\Delta_k = \nu_k S_k^{-1} \nu_k$
- Si *distance NIS* > seuil χ^2 ,
alors la mesure GPS est rejetée

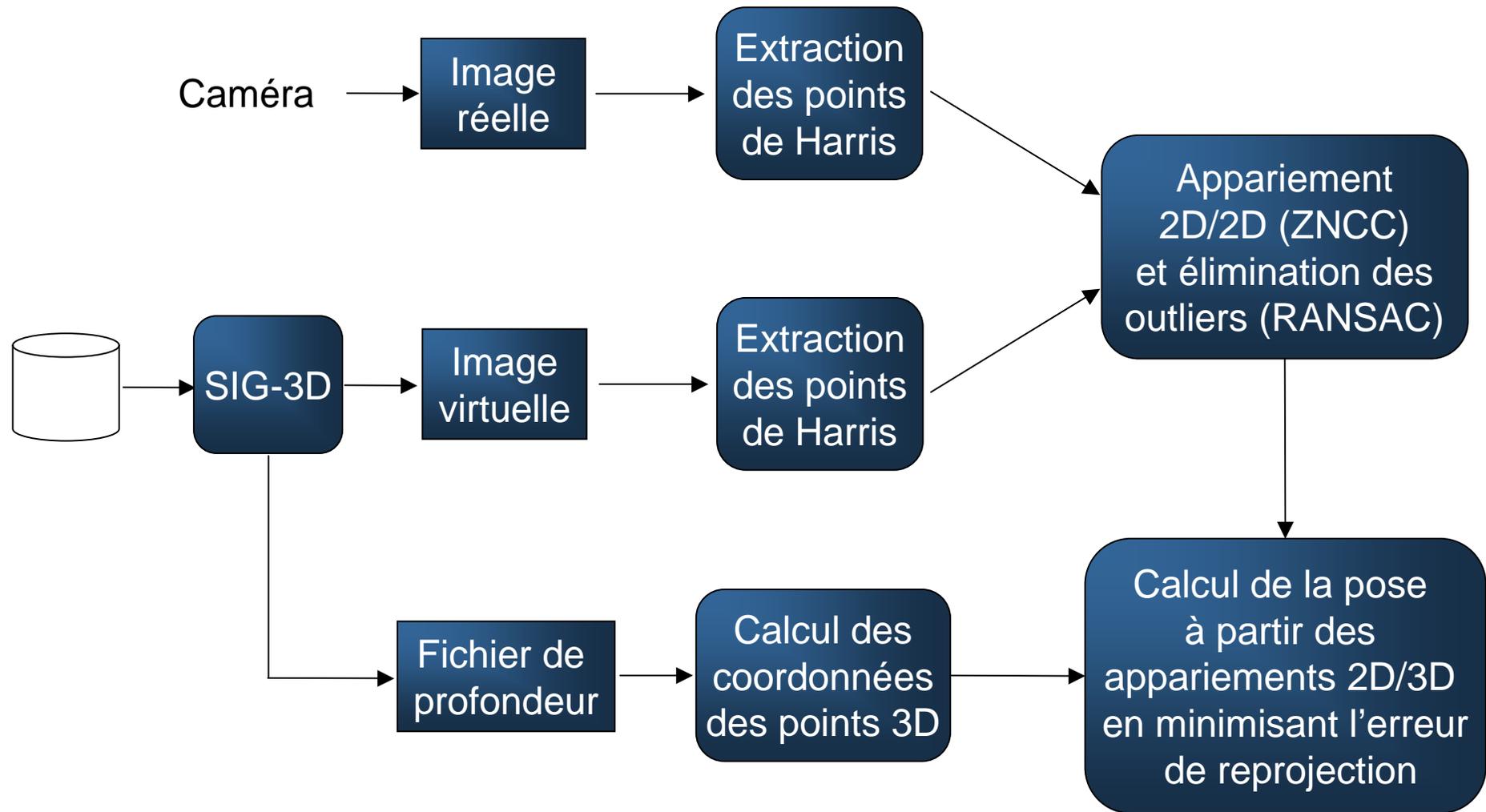
Test de cohérence



Principe général

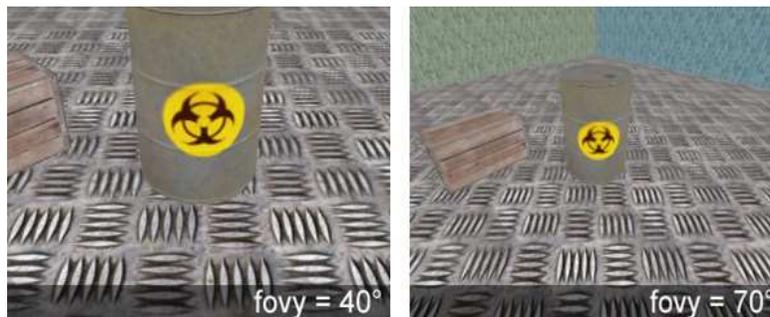


Estimation de la pose de la caméra

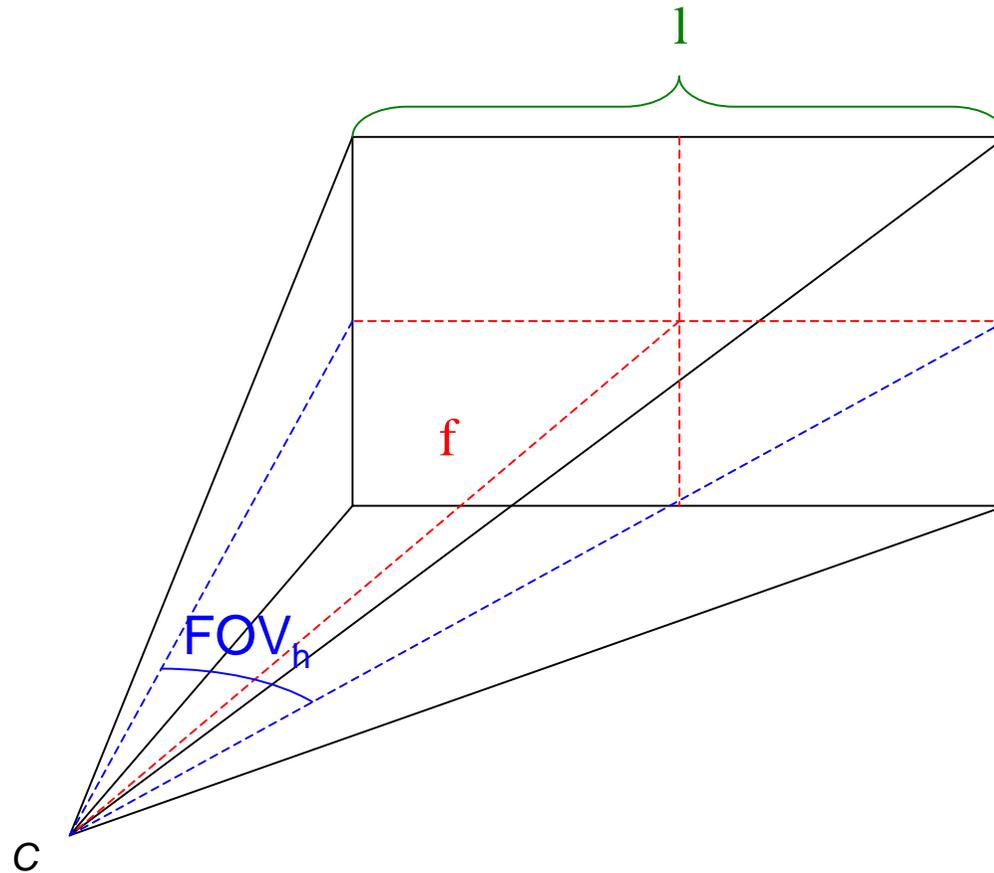


Calibration de la caméra virtuelle

- La caméra virtuelle est calibrée afin qu'elle corresponde à la caméra réelle
 - Paramètre intrinsèque de la caméra virtuelle
 - FOV : Field of View
 - Calculé à partir des paramètres intrinsèques de la caméra réelle (supposés constants au cours de l'expérimentation)



Calibration de la caméra virtuelle



$$FOV = 2 \arctan \frac{l/2}{f}$$

Calibration de la caméra virtuelle

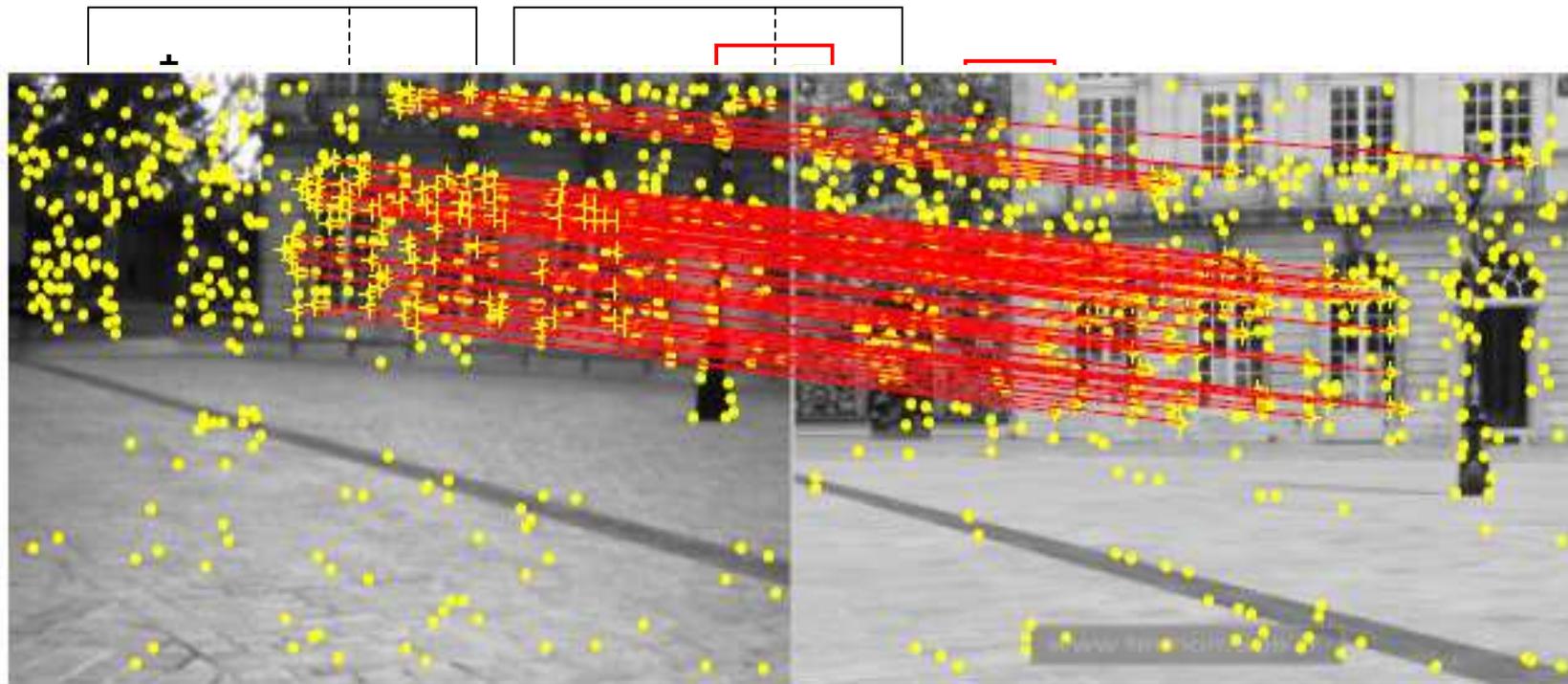
- La caméra virtuelle est calibrée afin qu'elle corresponde à la caméra réelle
 - Paramètre intrinsèque de la caméra virtuelle
 - FOV : Field of View
 - Calculé à partir des paramètres intrinsèques de la caméra réelle (supposés constants au cours de l'expérimentation)
 - Paramètres extrinsèques de la caméra virtuelle
 - Position et orientation de la caméra virtuelle dans le modèle 3D

Détection des primitives

- Extraction des points de Harris de l'image réelle et de l'image virtuelle

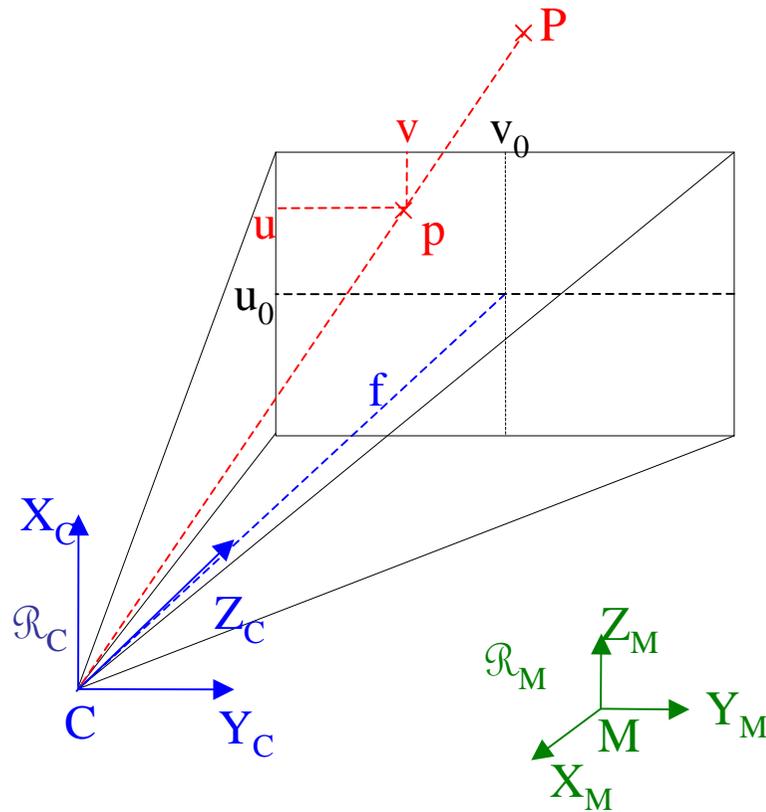


Appariement des points de Harris



$$\sqrt{\left[\sum_i \sum_j (\kappa(l, J) - \kappa) \right] \left[\sum_i \sum_j (v(l, J) - v) \right]}$$

Calcul des correspondants 3D



$$\begin{cases} z_C = -\frac{d \cdot f}{m} \\ x_C = -z_C \cdot \frac{v - v_0}{f} \\ y_C = z_C \cdot \frac{u - u_0}{f} \end{cases}$$

Donnée par le fichier de profondeur

$$\begin{pmatrix} x_M \\ y_M \\ z_M \end{pmatrix} = R \cdot \begin{pmatrix} x_C \\ y_C \\ z_C \end{pmatrix} + T$$

Calcul de la pose

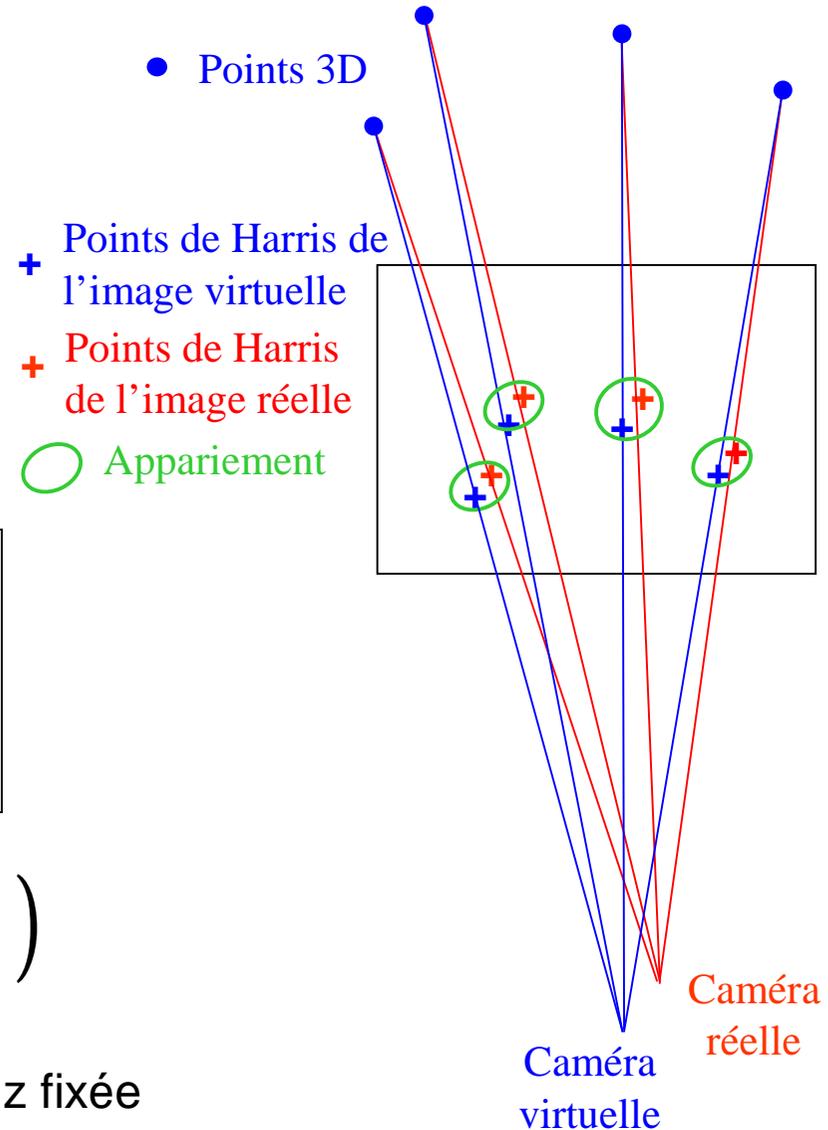
$$\begin{cases} z_C = -\frac{d \cdot f}{m} \\ x_C = -z_C \frac{v - v_0}{f} \\ y_C = z_C \frac{u - u_0}{f} \end{cases}$$

$$\begin{pmatrix} x_M \\ y_M \\ z_M \end{pmatrix} = \mathbb{R} \begin{pmatrix} x_C \\ y_C \\ z_C \end{pmatrix} + \mathbb{T}$$

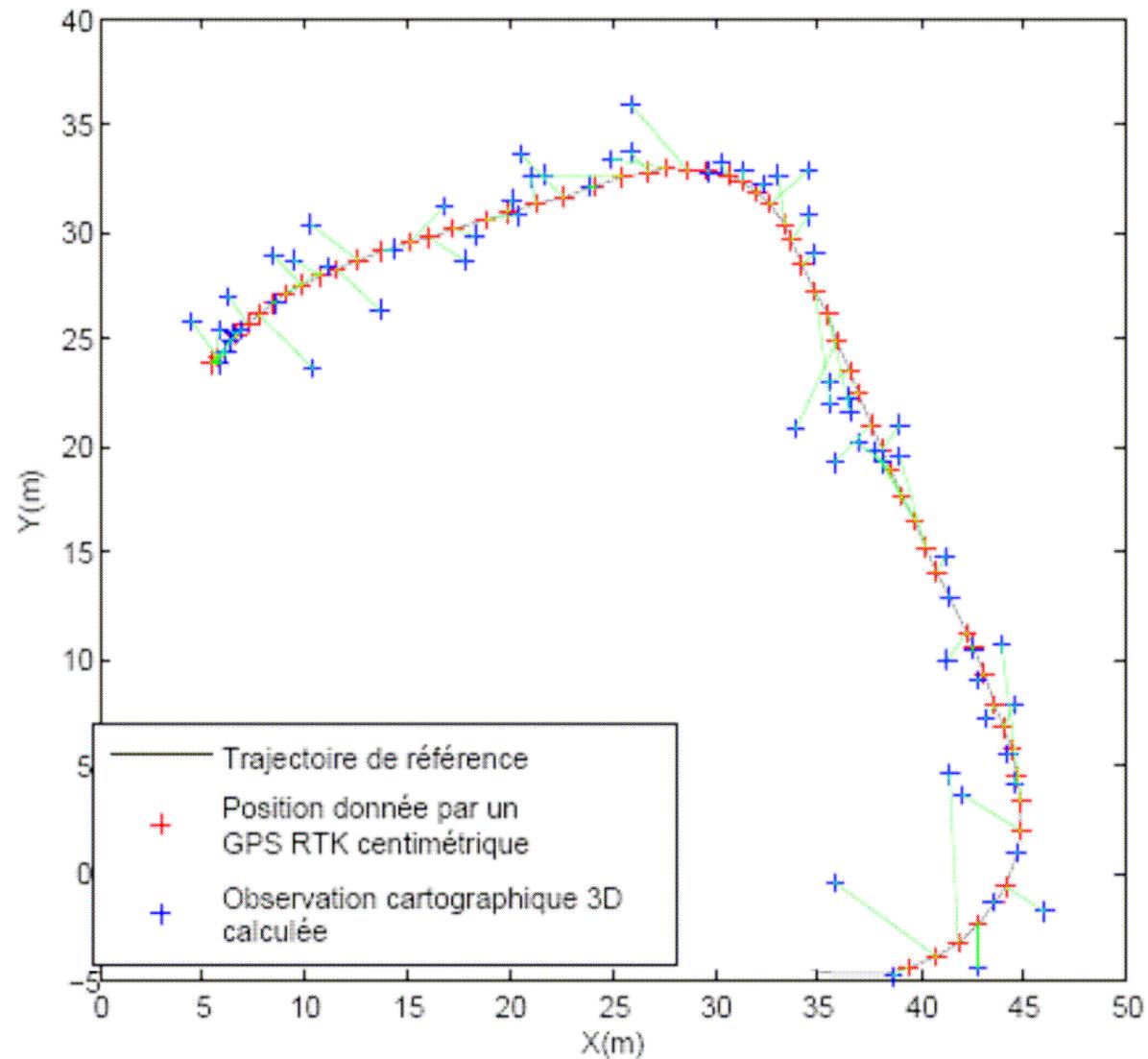
Calculer \mathbb{R} et \mathbb{T} qui minimisent la fonction de coût basée sur la somme des erreurs de reprojection des points 3D dans l'image (Méthode de Levenberg – Marquardt)

$$f(\mathbb{R}, \mathbb{T}) = \sum_{i=1}^N d^2(\text{proj}(P_i), p_i)$$

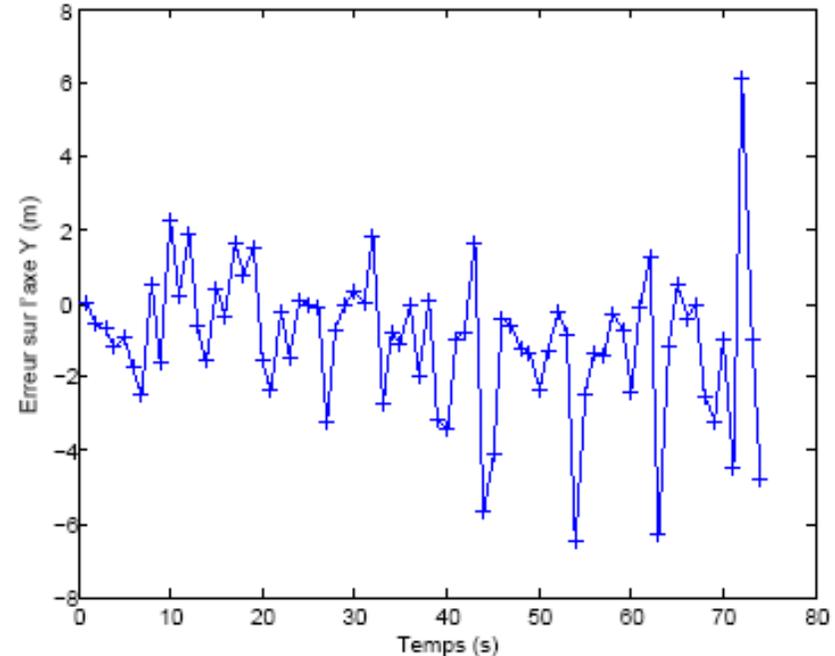
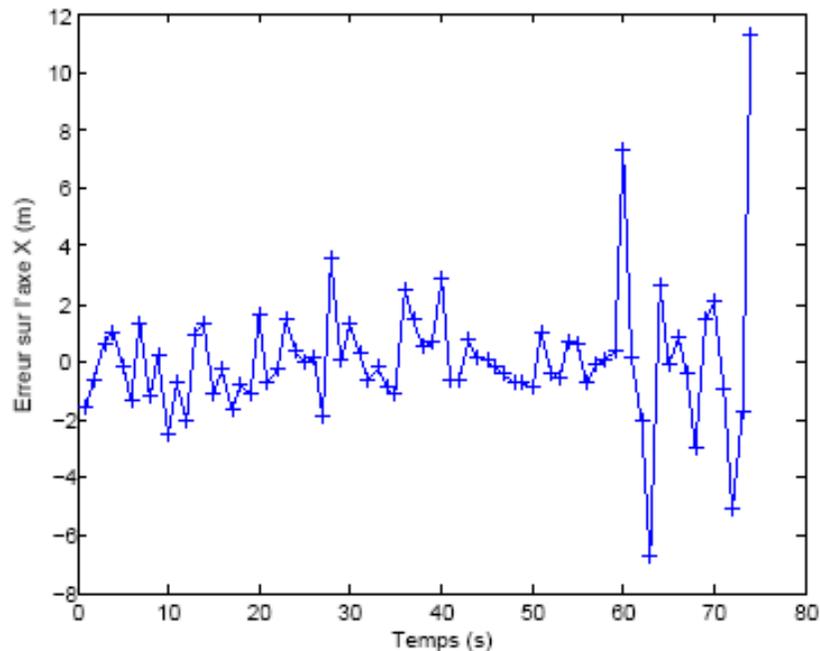
NB : Roulis, Tangage négligés et Hauteur z fixée



Résultats expérimentaux



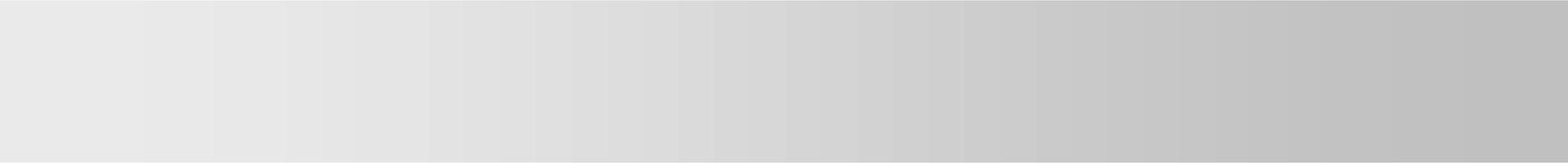
Résultats expérimentaux



Précision métrique \Rightarrow ~ GPS + EGNOS

Mauvaises estimations dues à :

- prédiction trop éloignée
- pas assez de points utilisés pour le calcul de la pose
- présence de faux-appariements

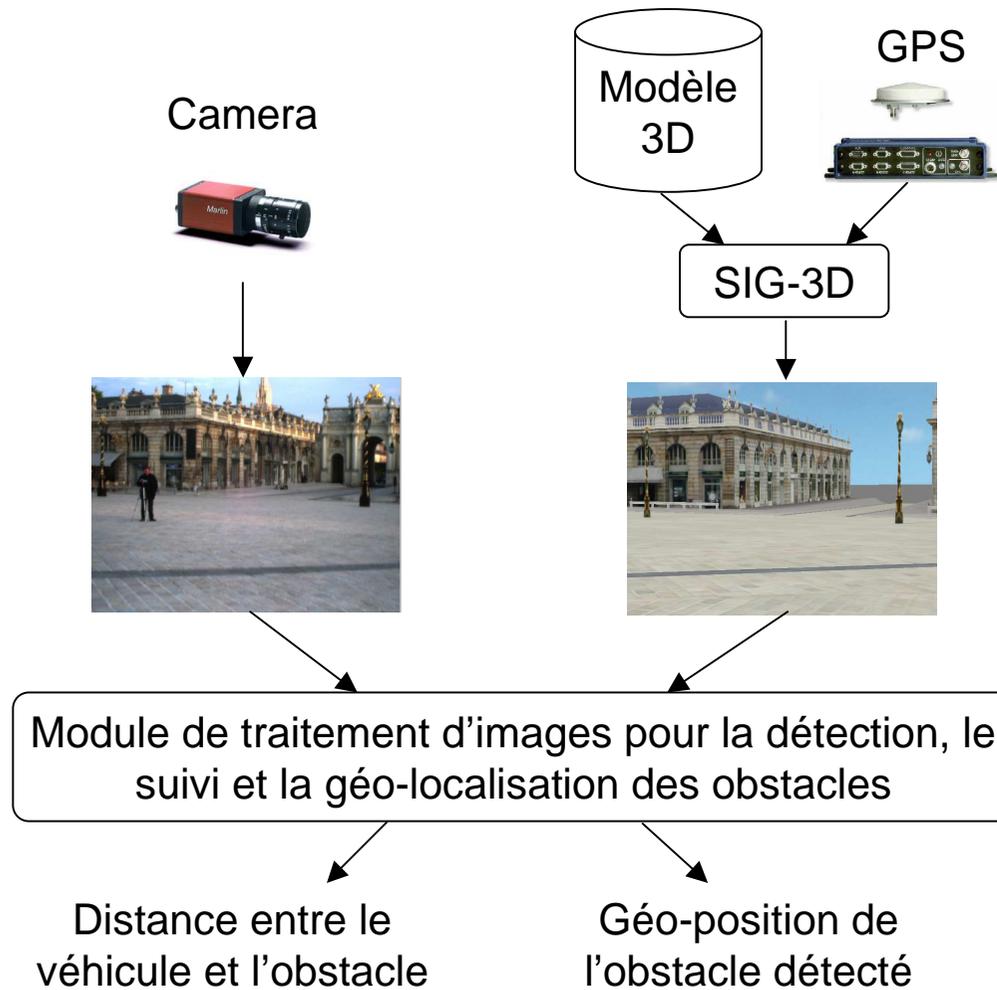


Détection d'obstacle

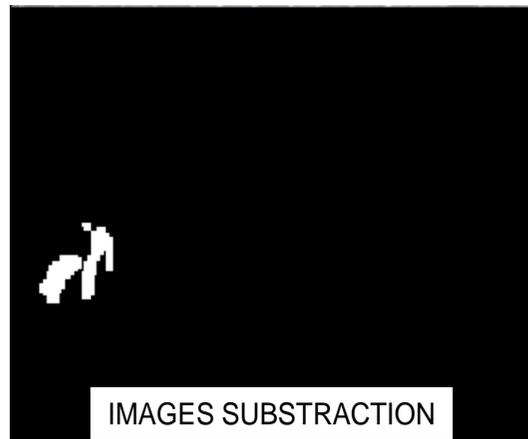
Principe de la méthode

- 2 types d'obstacles :
 - les obstacles appartenant au mobilier urbain, à l'infrastructure
 - ⇒ font partie du modèle 3D
 - les autres obstacles
 - Ex : piétons, véhicules, ...
 - Présents dans l'image réelle
 - Absents de l'image virtuelle
 - ⇒ utilisation du modèle 3D pour générer une image de fond de la scène

Principe de la méthode

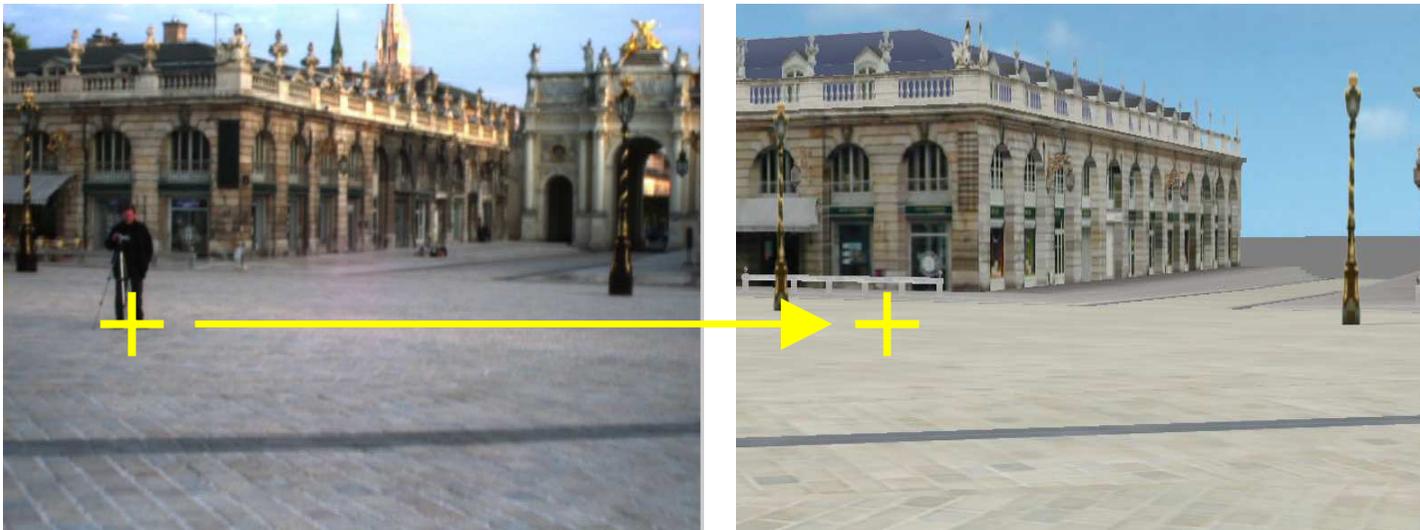


Détection d'obstacles

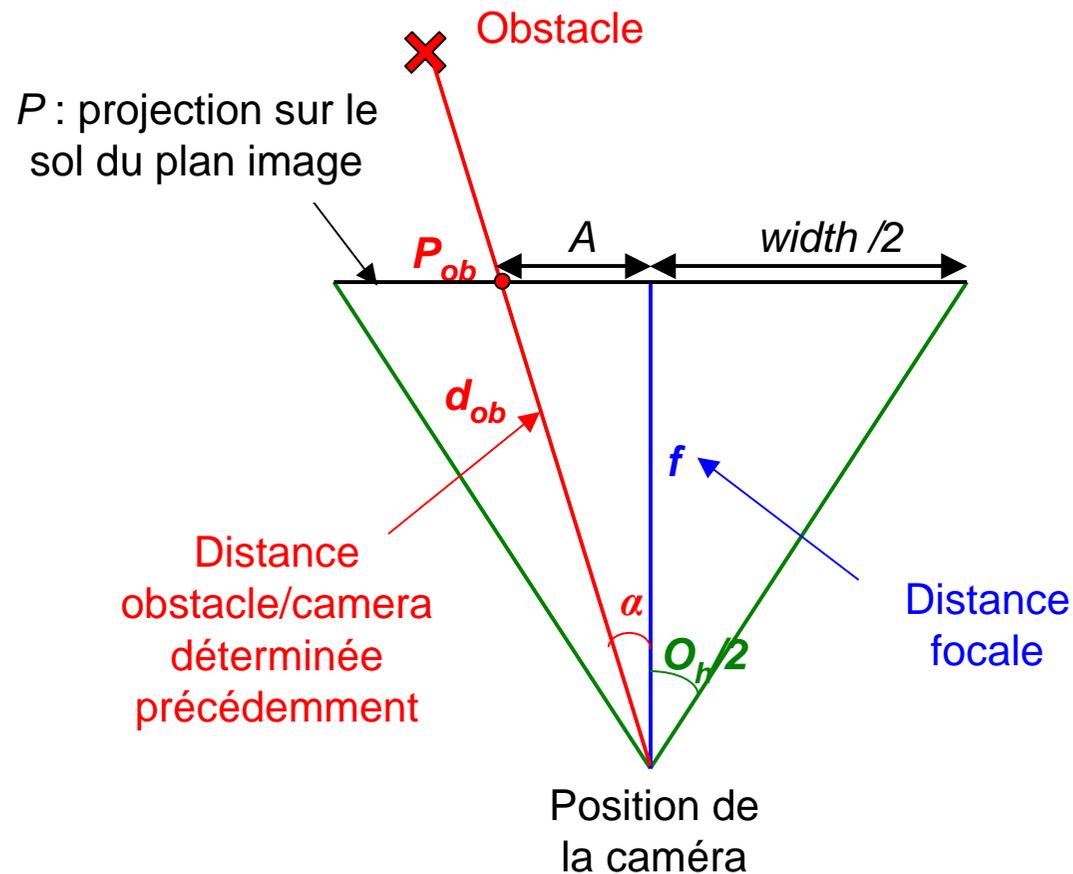


Distance Obstacle/Véhicule

- Utilisation de l'information de profondeur du SIG-3D pour calculer la distance entre le véhicule et l'obstacle détecté
 - SIG-3D fournit la distance entre la caméra virtuelle dans le modèle 3D et le point 3D représenté par chaque pixel de l'image virtuelle



Localisation de l'obstacle



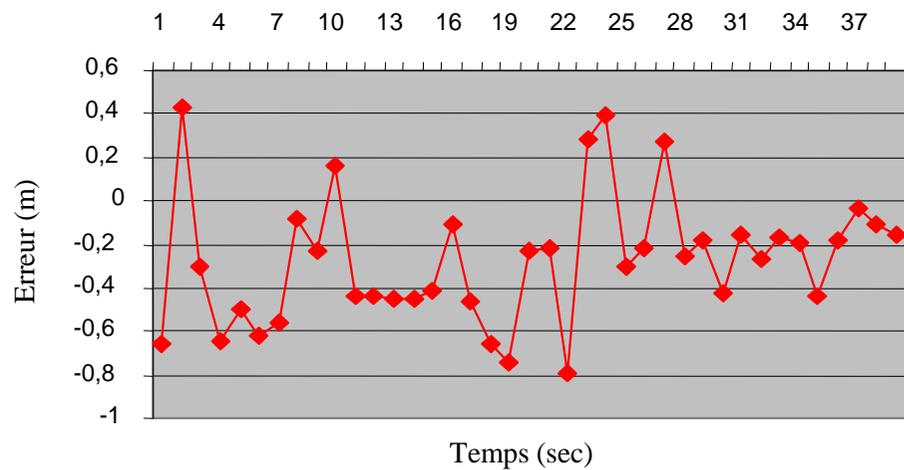
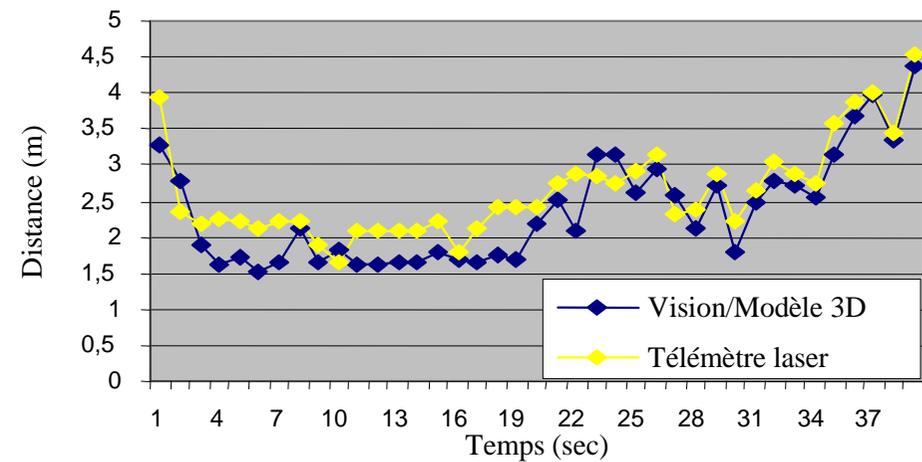
$$y = \cot(\beta).(x - X_C) + Y_C$$

$$\beta = head - \alpha$$

$$\tan \alpha = \frac{A}{width/2} \tan(O_h/2)$$

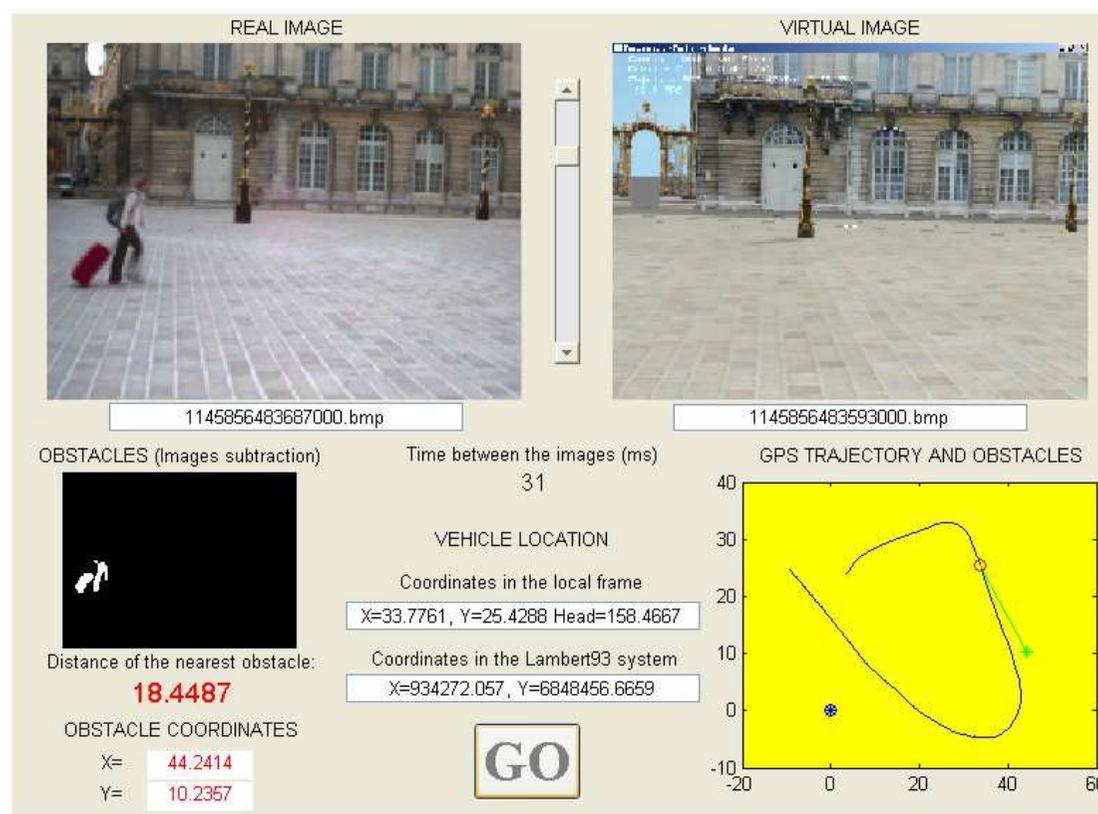
Détection d'obstacles

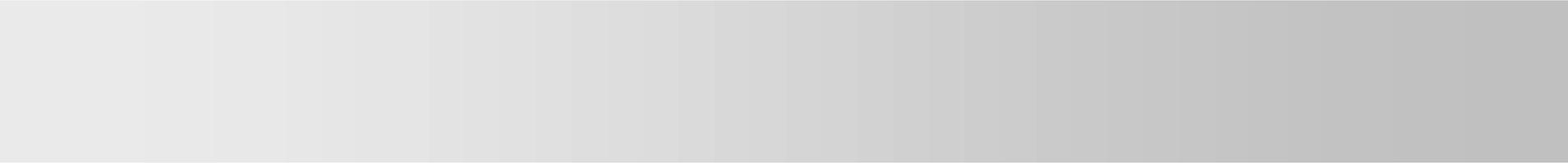
- Validation de la distance avec un télémètre laser



Détection d'obstacles

- Résultats





Conclusion

Conclusions

- Deux concepts innovants mettant en œuvre un modèle virtuel 3D urbain pour :
 - Localisation de véhicules
 - Positionnement basé sur la mise en correspondance entre le modèle virtuel 3D et l'image courante acquise par une caméra embarquée
 - Détection et localisation des obstacles
 - Modèle 3D utilisé pour générer une image de fond
- Etude de faisabilité
- Précision métrique atteinte (\Rightarrow GPS EGNOS)

Perspectives

- Amélioration de la méthode d'estimation de la pose de la caméra afin d'augmenter la précision
 - ⇒ Perfectionner chacune des étapes de l'algorithme
 - Exploitation des mesures 3D (6 degrés de liberté) + paramètres intrinsèques (erreur de calibrage) dans la minimisation
 - Utilisation de points SIFT
 - Estimation de l'erreur de la pose calculée
- Stéréovision ⇒ Mise en correspondance 3D/3D
- Processus de fusion
 - Affiner l'estimation de l'incertitude associée pour intégrer efficacement la pose de la caméra dans l'UKF
 - Amélioration de la stratégie de fusion

Localisation de véhicules à l'aide d'un modèle virtuel 3D urbain

Merci de votre attention !

Cindy Cappelle, LORIA-INRIA Nancy Grand Est
Maan El Badaoui El Najjar, LAGIS, Lille

