

Estimation du mouvement d'un drone à partir de stéréovision hybride

Présenté par : Damien Eynard (MIS / Heudiasyc)

Encadrants : P. Vasseur (LITIS), C. Demonceaux (Le2I), V. Frémont (Heudiasyc)

GDR-GT2 – 26/05/2011



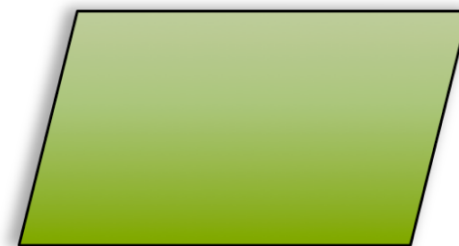
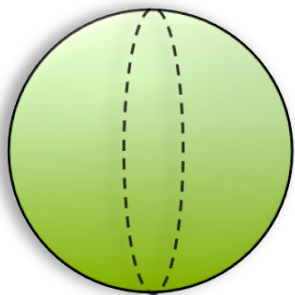
Ce projet est cofinancé par l'Union européenne
L'Europe s'engage en Picardie avec le Fond
européen de développement régional



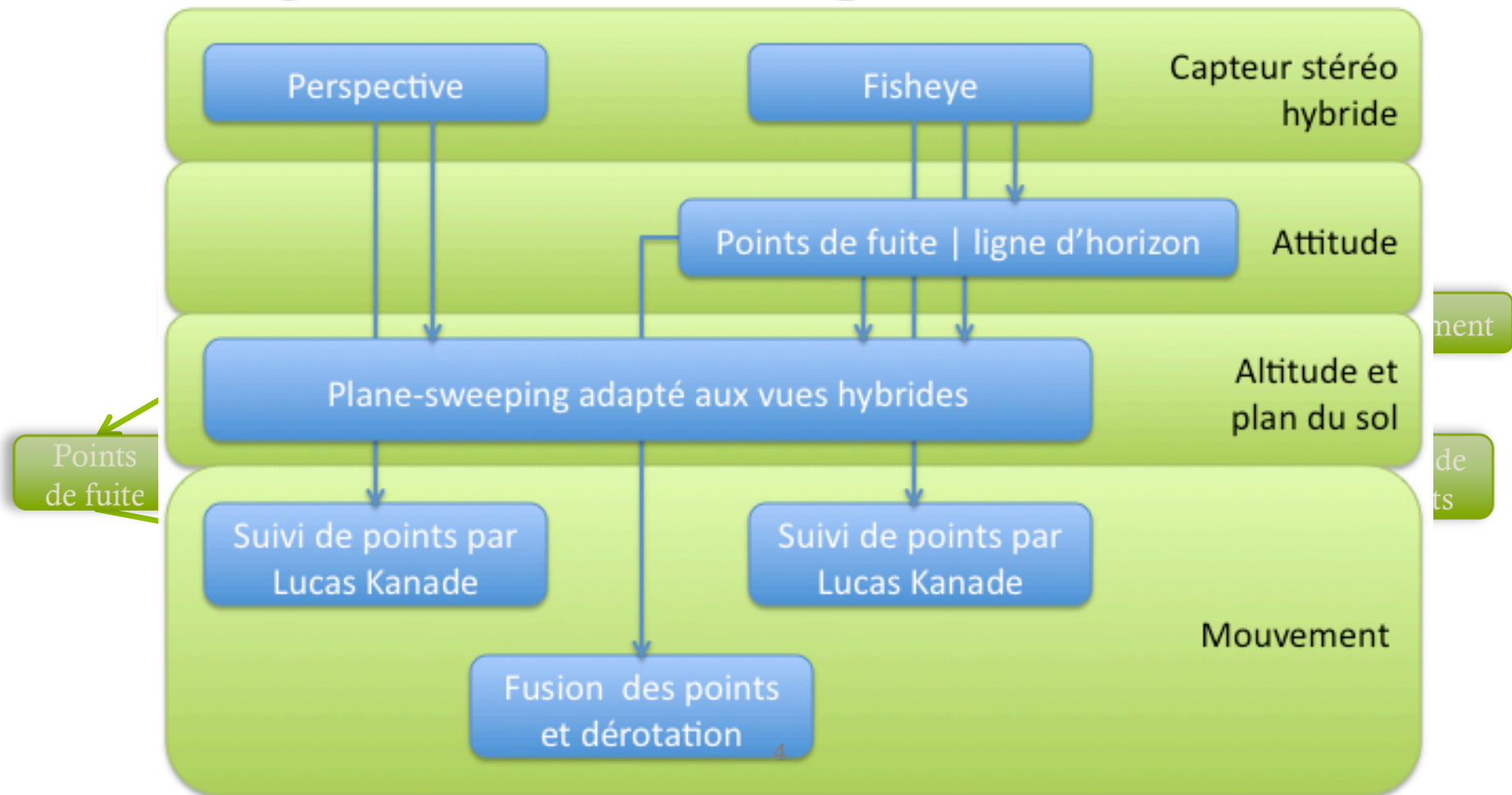
Plan de présentation

- ◆ Introduction
- ◆ Modélisation, calibration
- ◆ Estimation des paramètres de navigation
 - ◆ Attitude (*orientation du drone par rapport à la terre*)
 - ◆ Altitude
- ◆ Estimation du mouvement
 - ◆ Méthode
 - ◆ Résultats
- ◆ Conclusions et perspectives

Introduction



Introduction



Introduction

- ◆ Hypothèses :
 - ◆ Caméras dirigées vers le sol
 - ◆ Sol dominant dans la vue perspective
- ◆ Objectif :
 - ◆ Estimer un maximum de paramètres par vision
- ◆ Contraintes :
 - ◆ Temps réel
 - ◆ Embarqué

Introduction

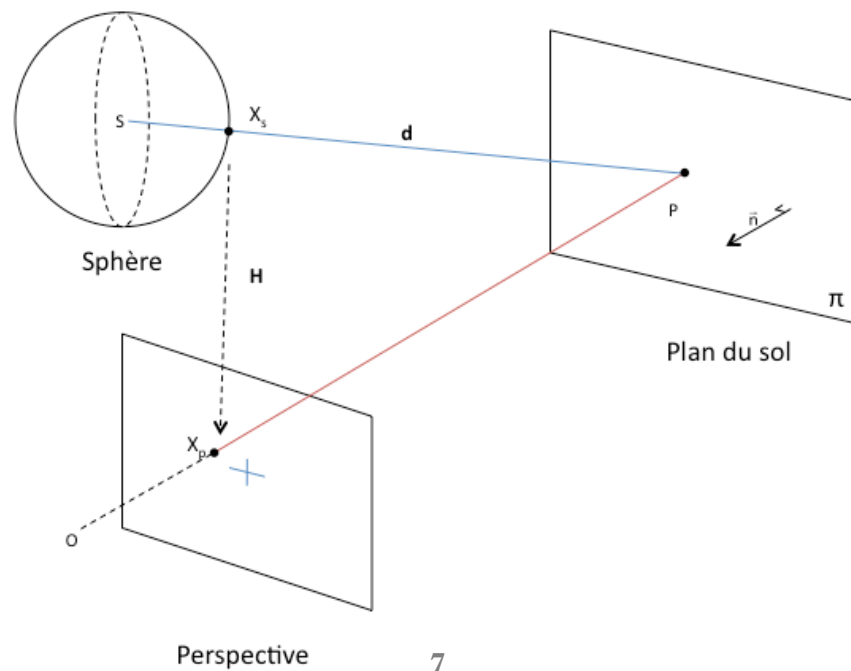
Notations

- ◆ R_c, t_c : *transformation rigide entre la paire stéréo*
- ◆ R_{t+1}, t_{t+1} : *mouvement du banc stéréo entre l'instant t et $t+1$*
- ◆ d : *altitude du drone*
- ◆ n : *normale au sol*
- ◆ H : *homographie entre la projection du sol sur les deux vues*

$$H = R_c - \frac{t_c \vec{n}}{d}$$

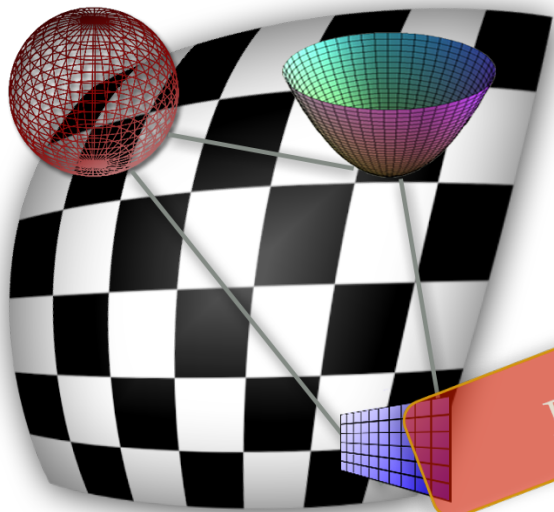
Modélisation

- ◆ Capteur composé de caméras fisheye et perspective

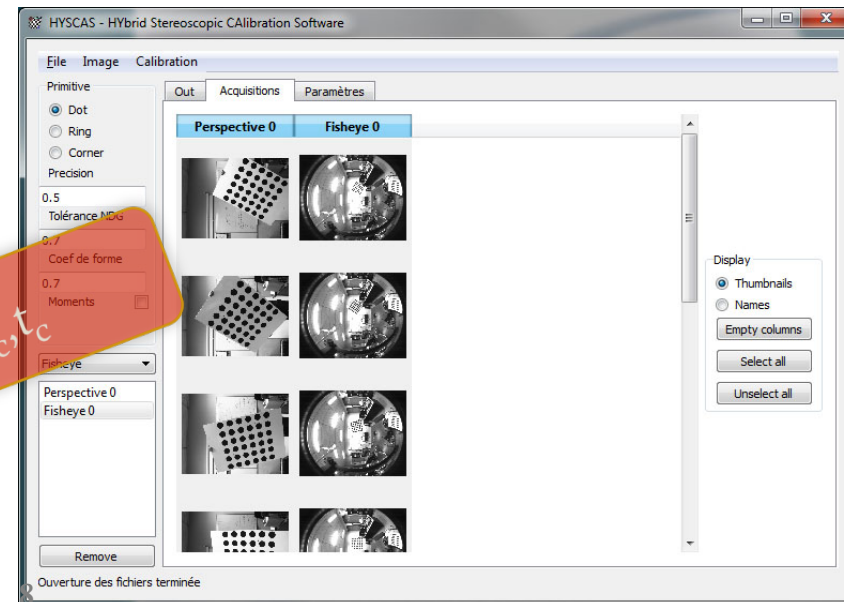


Modélisation

- ◆ Développement d'un logiciel de calibration Hyscas, à n modèles pour n caméras [Caron 2011]



Estimation de R_c, t_c



Estimation des paramètres de navigation

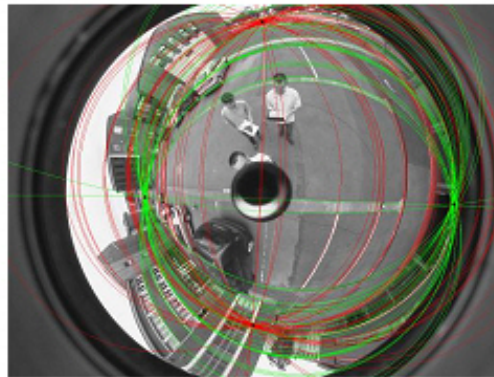
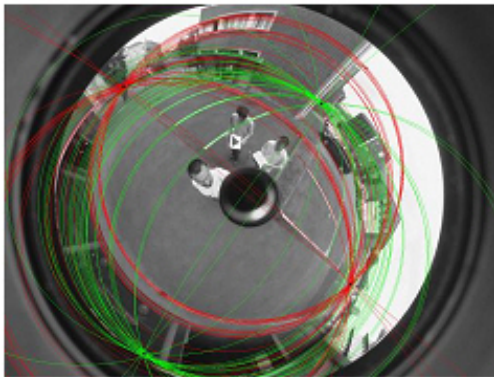
Attitude

- ◆ Attitude
 - ◆ En zone urbaine, méthode basée sur les points de fuite [Demonceaux2007]
 - ◆ En environnement naturel, méthode basée sur le suivi de ligne d'horizon [Demonceaux2006]
 - ◆ Erreur $< 3^\circ$ comparée à une IMU

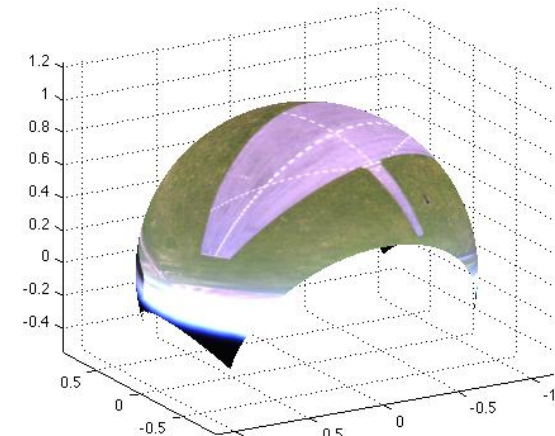
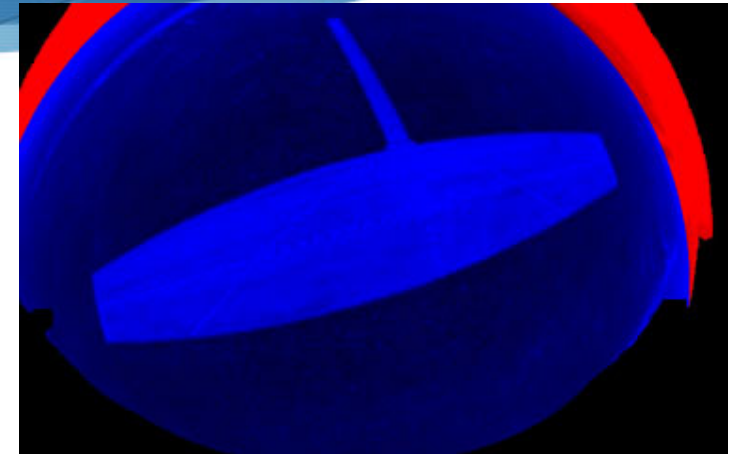
Estimation de n

Estimation des paramètres de navigation

Attitude



Estimation d'attitude basé points de fuite
[Demonceaux2007,Bazin2008]

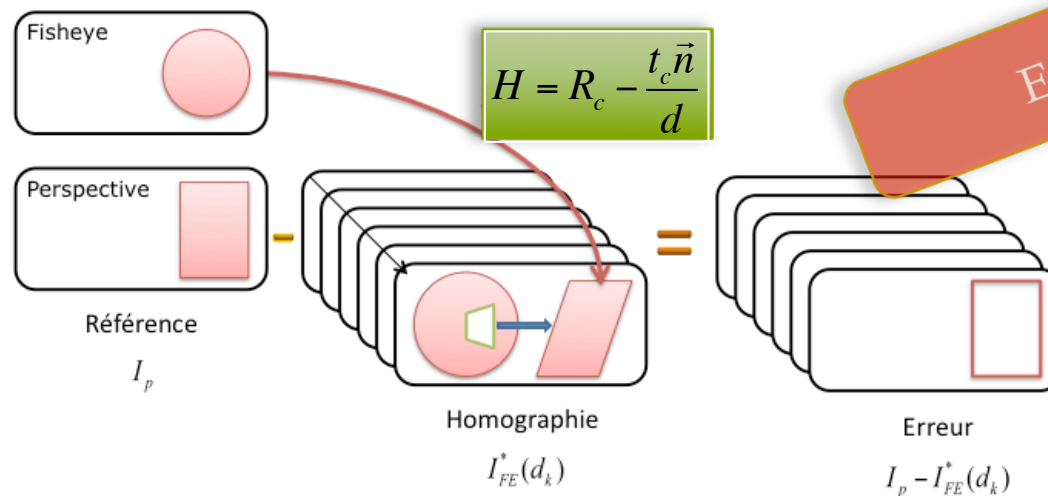


Estimation d'attitude basé ligne
d'horizon [Demonceaux2006]

Estimation des paramètres de navigation

Altitude

- Altitude et segmentation du sol
 - Estimation d'altitude par plane-sweeping [Eynard2010]

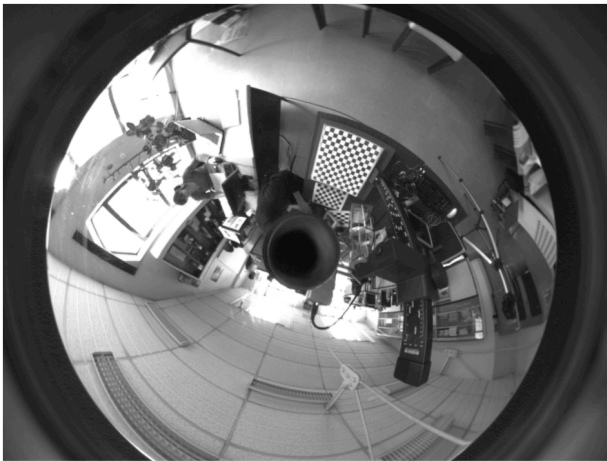


Estimation des paramètres de navigation

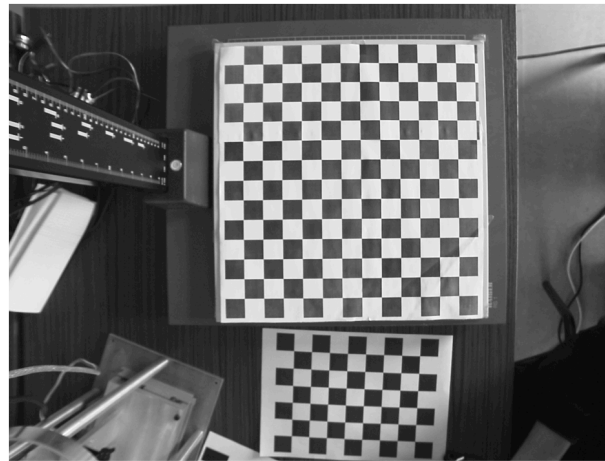
Altitude

- Altitude

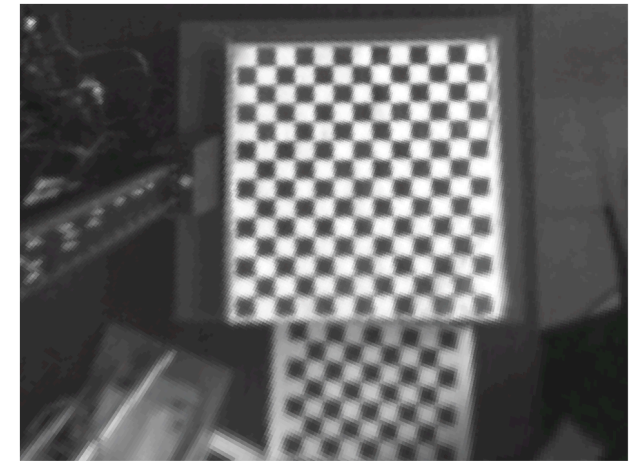
- Estimation d'altitude par plane-sweeping [Eynard2010]



Vue omnidirectionnelle



Vue perspective

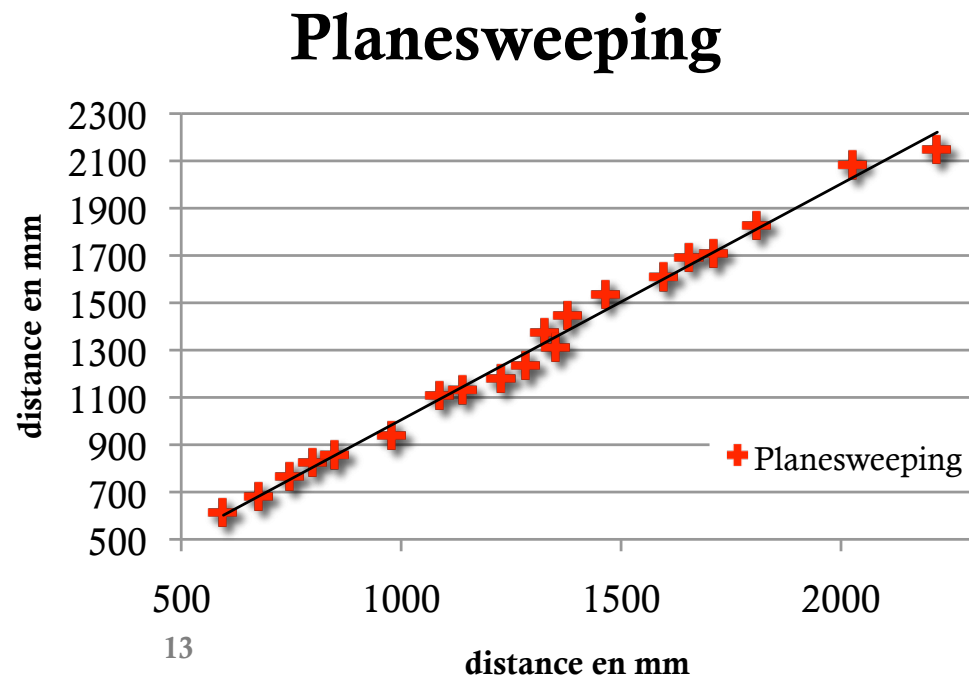


Homographie de la vue
omni vers la perspective

Estimation des paramètres de navigation

Altitude

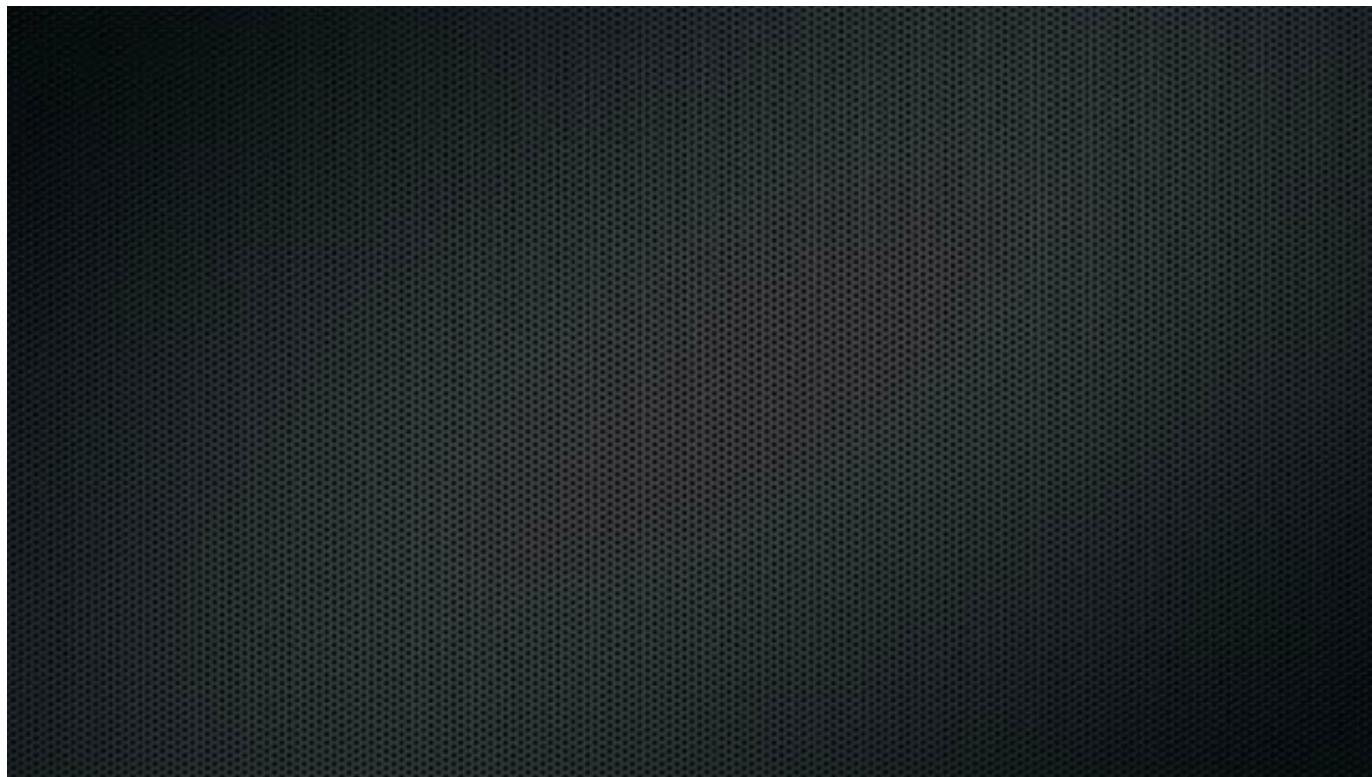
- Altitude : résultat
 - Estimation temps réel sur Macbook Pro : 200Hz
 - Erreur 2,4%



Estimation des paramètres de navigation

Altitude

📺 Video



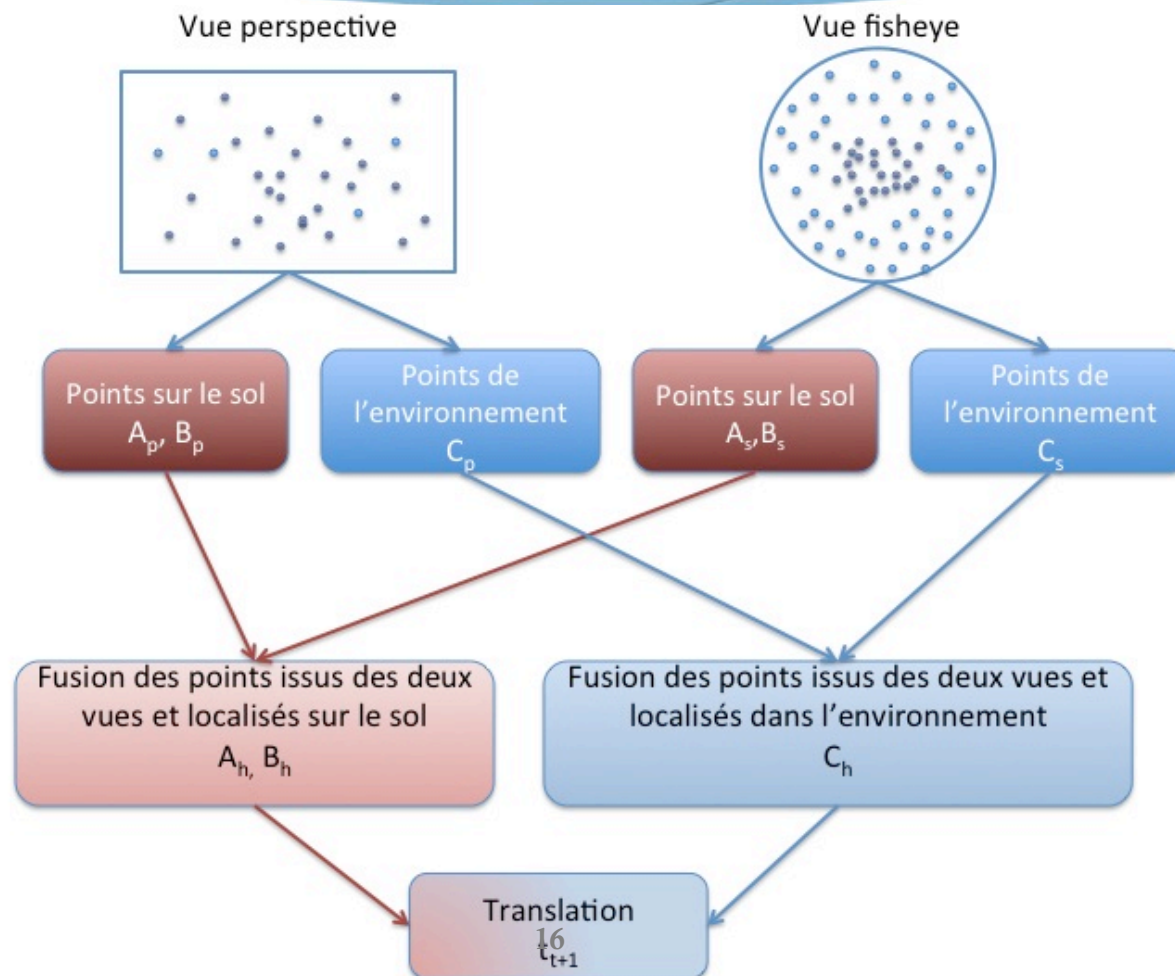
Estimation du mouvement

Méthode

- ◆ Hypothèse :
 - ◆ La segmentation du sol est connue dans la vue perspective et fisheye par plane-sweeping
 - ◆ Des points sont suivis dans chaque vue
 - ◆ L'attitude et la rotation R_{t+1} du mouvement est connue par IMU ou par vision
 - ◆ La translation observée est la même dans chaque vue
- ◆ Objectif :
 - ◆ Estimer la translation t_{t+1}
 - ◆ Suivre deux groupes de points
 - ◆ Les points sur le sol d'altitude connue
 - ◆ Les points dans l'environnement de profondeur inconnue

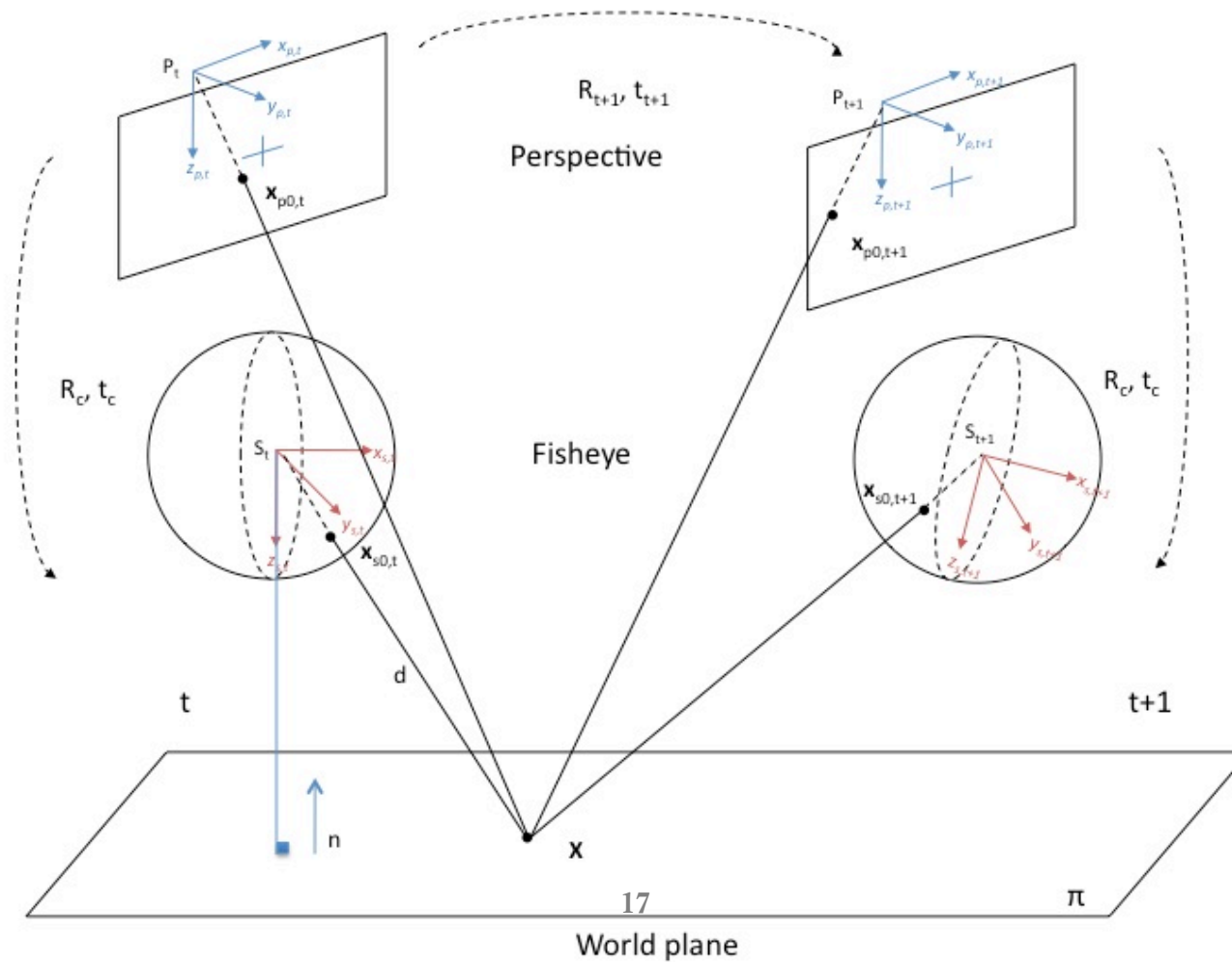
Estimation du mouvement

Méthode



Estimation du mouvement

Méthode



Estimation du mouvement

Méthode

🟡 Mouvement à partir des points du sol $(\mathbf{x}_{t+1} \times \mathbf{t}_{t+1}) = -d_t(\mathbf{x}_{t+1} \times \mathbf{R}_{t+1}\mathbf{x}_t)$

$$\mathbf{A}_p = \begin{bmatrix} 0 & -z_{p0,t+1} & y_{p0,t+1} \\ z_{p0,t+1} & 0 & -x_{p0,t+1} \\ -y_{p0,t+1} & x_{p0,t+1} & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & -z_{pn,t+1} & y_{pn,t+1} \\ z_{pn,t+1} & 0 & -x_{pn,t+1} \\ -y_{pn,t+1} & x_{pn,t+1} & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}_p = \begin{bmatrix} -d_{p0}(\mathbf{x}_{p0,t+1} \times \mathbf{R}_{t+1}\mathbf{x}_{p0,t}^T)^T \\ \vdots \\ -d_{pn}(\mathbf{x}_{pn,t+1} \times \mathbf{R}_{t+1}\mathbf{x}_{pn,t}^T)^T \end{bmatrix}$$

Vue perspective

$$\mathbf{A}_s = \begin{bmatrix} 0 & -z_{s0,t+1} & y_{s0,t+1} \\ z_{s0,t+1} & 0 & -x_{s0,t+1} \\ -y_{si,t+1} & x_{s0,t+1} & 0 \\ \vdots & \vdots & \vdots \\ 0 & -z_{sm,t+1} & y_{sm,t+1} \\ z_{sm,t+1} & 0 & -x_{sm,t+1} \\ -y_{si,t+1} & x_{sm,t+1} & 0 \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}_s = \begin{bmatrix} -d_{s0}(\mathbf{x}_{s0,t+1} \times \mathbf{R}_{t+1}\mathbf{x}_{s0,t}^T)^T \\ \vdots \\ -d_{sm}(\mathbf{x}_{sm,t+1} \times \mathbf{R}_{t+1}\mathbf{x}_{sm,t}^T)^T \end{bmatrix}$$

Vue fisheye

Fusion des vues

$$\mathbf{A}_h = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_s \\ \mathbf{A}_p \end{bmatrix}$$

$$\mathbf{B}_h = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_s \\ \mathbf{B}_p \end{bmatrix}$$

Estimation du mouvement

Méthode

- ◆ Mouvement à partir des points de l'environnement

$$\mathbf{t}_{t+1} \cdot (\mathbf{x}_{t+1} \times \mathbf{R}_{t+1} \mathbf{x}_t) = 0$$

$$\mathbf{C}_h = \begin{bmatrix} \mathbf{C}_s \\ \mathbf{C}_p \end{bmatrix}$$

- ◆ Fusion des points des vues hybrides

$$\begin{bmatrix} \mathbf{A}_h \\ \mathbf{C}_h \end{bmatrix} \mathbf{t}_{t+1} = \begin{bmatrix} \mathbf{B}_h \\ 0 \\ \vdots \\ 0 \end{bmatrix}$$

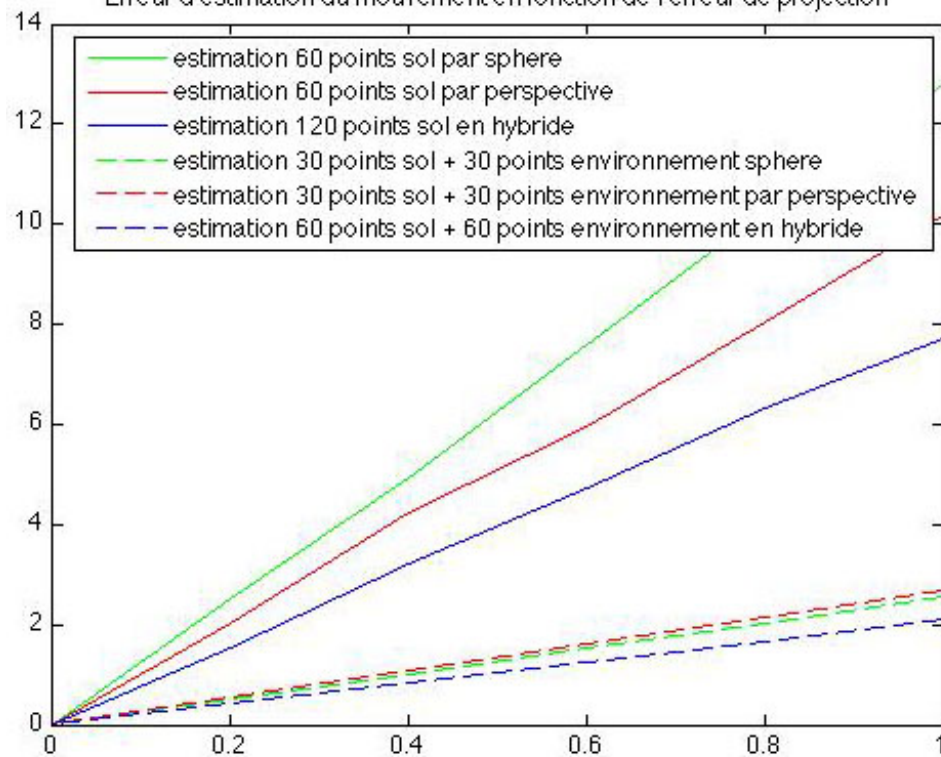
- ◆ Filtrage par Kalman

Estimation du mouvement

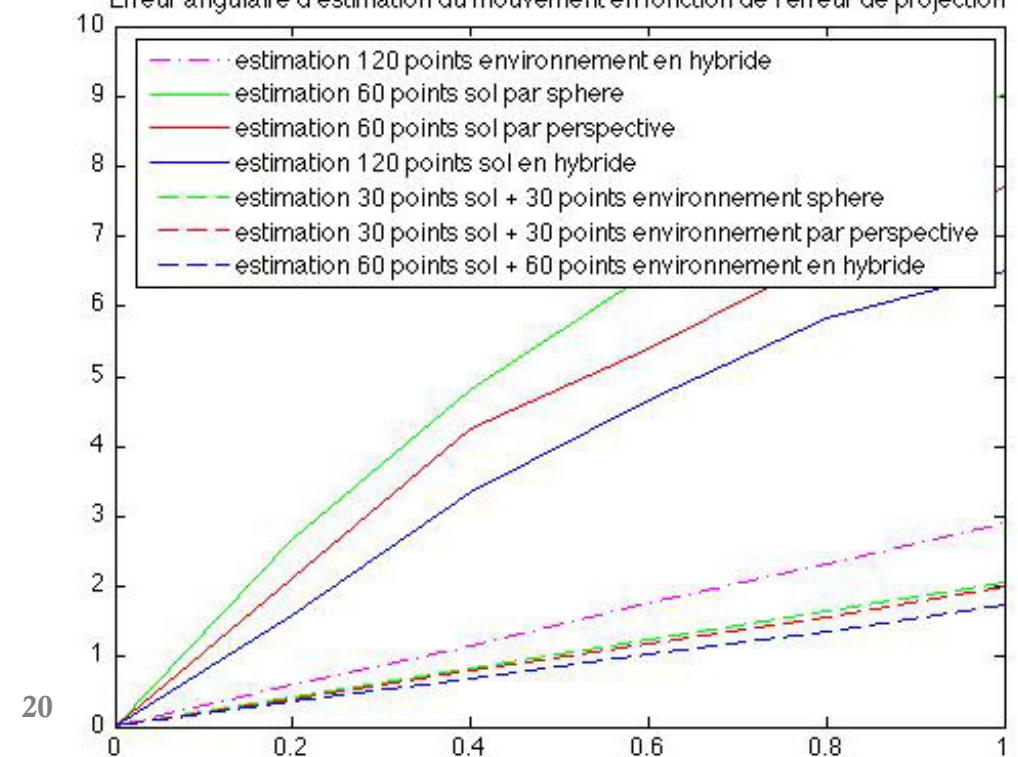
Résultats

Simulations

Erreur d'estimation du mouvement en fonction de l'erreur de projection



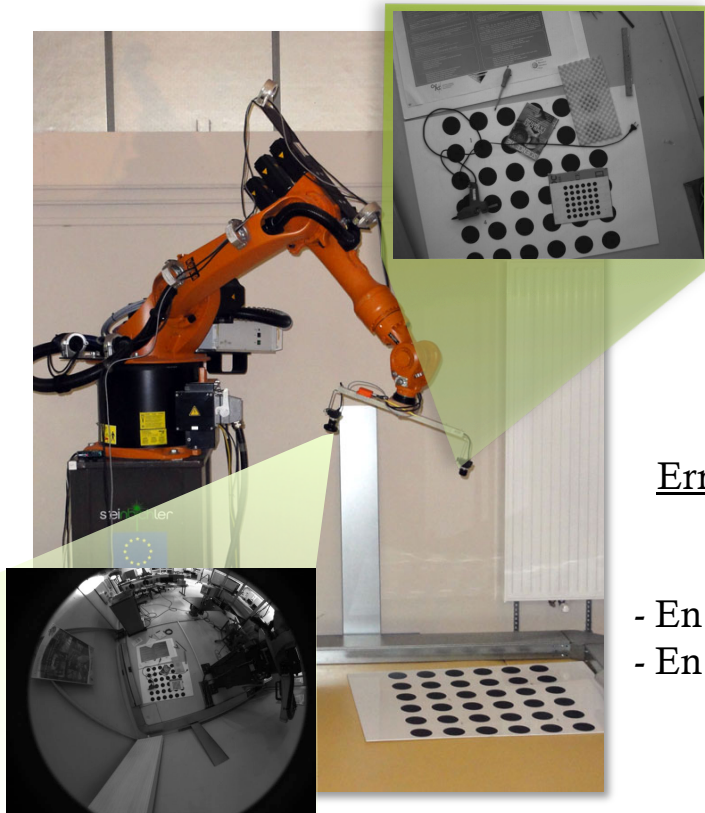
Erreur angulaire d'estimation du mouvement en fonction de l'erreur de projection



Estimation du mouvement

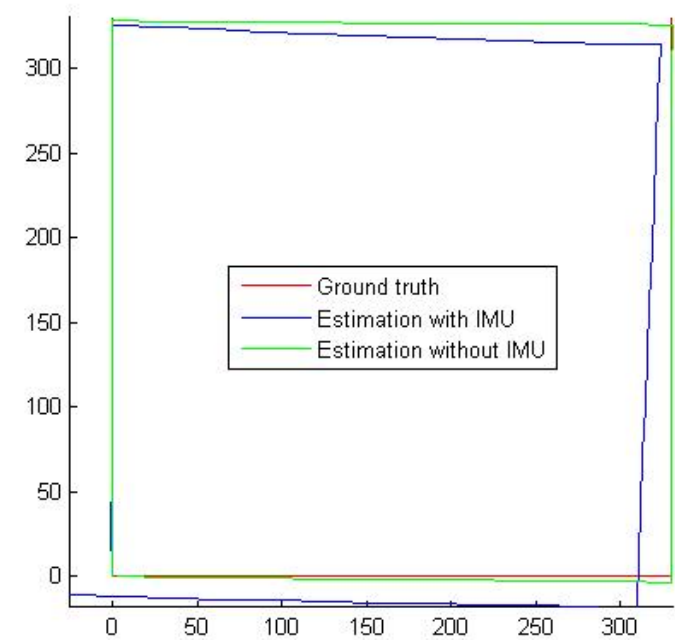
Résultats

◆ Comparaison à une vérité terrain



Erreur sur une trajectoire de
1320mm :

- En vert 15,9mm soit 1,2%
- En bleu 19,1mm soit 1,45%

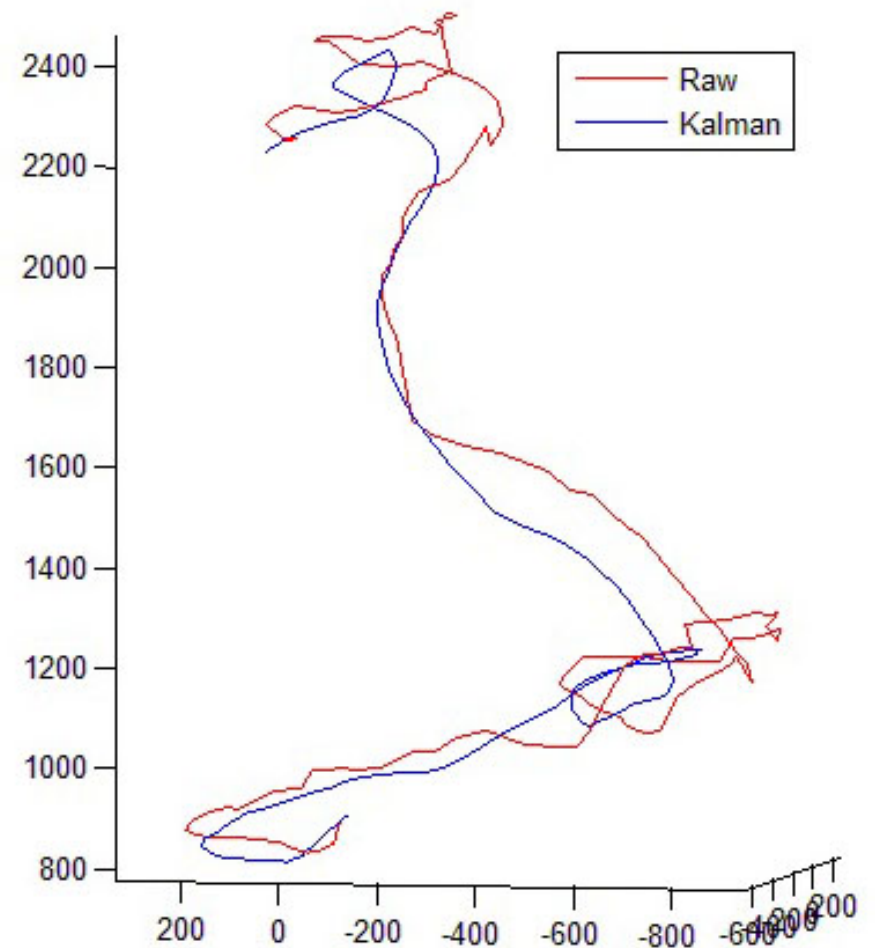
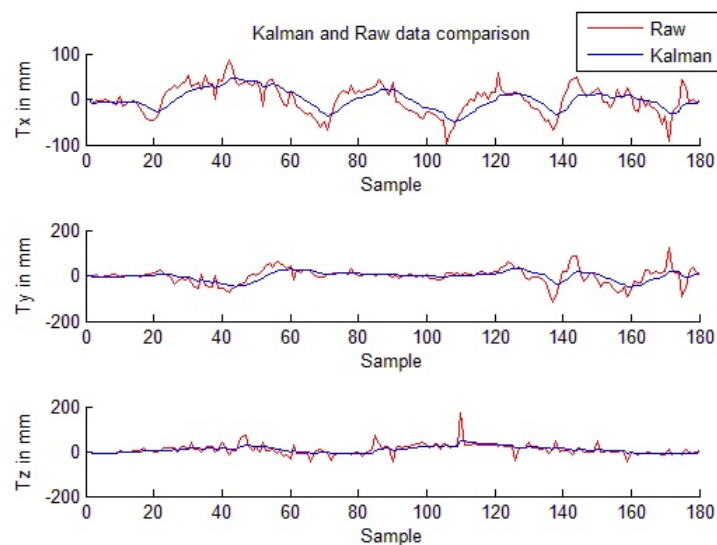


Trajectoire en forme de « carré »

Estimation du mouvement

Résultats

🟢 Tests sur drone



Estimation du mouvement

Résultats

🟢 Vidéos



Conclusions et perspectives

- ◆ Idée d'estimer les paramètres par vision
- ◆ Etude des paramètres à connaître pour la navigation d'un drone
- ◆ Hypothèses formulées
- ◆ Pistes explorées
- ◆ Application
- ◆ Coupler les méthodes à la commande
- ◆ Chercher d'autres pistes d'estimation de paramètres de navigation par vision

Références

- ◆ [Bazin2008] : J.-C. Bazin, I. Kweon, C. Demonceaux, P. Vasseur, « UAV Attitude Estimation by Vanishing Points in Catadioptric Images », ICRA, 2008.
- ◆ [Caron2011] : G. Caron, D. Eynard, "Multiple Camera Types Simultaneous Stereo Calibration", ICRA, 2011.
- ◆ [Demonceaux2007] : C. Demonceaux, P. Vasseur et C. Pégard., "UAV Attitude Com- putation by Omnidirectional Vision in Urban Environment. ", ICRA, 2007.
- ◆ [Demonceaux2006] : C. Demonceaux, P. Vasseur et C. Pégard., "Robust Attitude Estimation with Catadioptric Vision", IROS, 2006.
- ◆ [Eynard2011] : D. Eynard, P. Vasseur, C. Demonceaux, V. Fremont, "UAV Motion Estimation using Hybrid Stereoscopic Vision", MVA,2011.
- ◆ [Eynard2010] : D. Eynard, P. Vasseur, C. Demonceaux, V. Fremont, "UAV Altitude Estimation by Mixed Stereoscopic Vision", IROS, 2010.