



Contribution à la construction de mosaïques d'images sous-marines géo-référencées par l'introduction de méthodes de localisation

Manon Borgetto

5 avril 2005

Directeur de recherche : Claude Jauffret, USTV

Encadrant Ifremer : Vincent Rigaud

Introduction à la problématique (1)

Qu'est-ce qu'une mosaïque d'images ?

- Permet la vision panoramique d'une zone d'intérêt
- Grande image, construite à partir d'une séquence d'images
- Séquence d'images acquise par une caméra, fixée sur un engin se déplaçant à une distance du fond comprise entre 2 et 10 m, avec éclairage



Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Introduction à la problématique (2)

Difficultés liées à la construction d'une mosaïque :

- Qualité de l'image :
 - Turbidité du milieu,
 - Éclairage (présence d'un halo lumineux dans l'image).
- **Problème de dérive dans le temps de la mosaïque.**

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

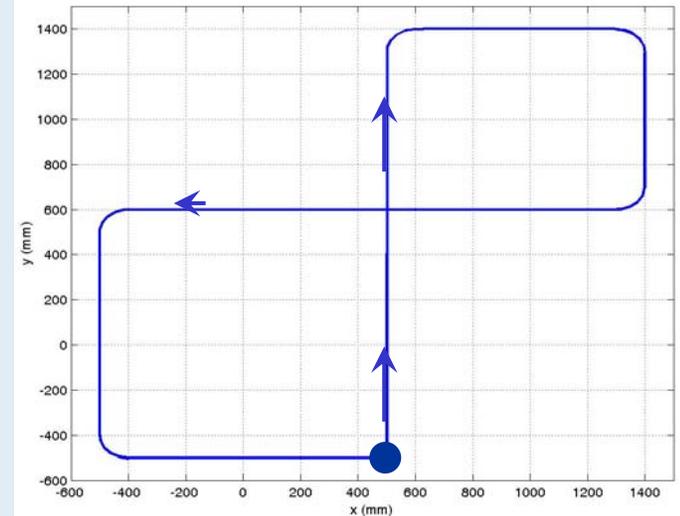
Introduction à la problématique (3)

Base expérimentale :

Bassin intérieur et portique PISCATOR



Exemple de trajectoire parcourue



Introduction

Principe

Instants de RdV

**Localisation
AR/cap+vit**

**Localisation
AR/image**

Comparaison

**Fusion des
localisations
AR**

**Déformation
mosaïque**

Conclusion

Introduction à la problématique (4)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

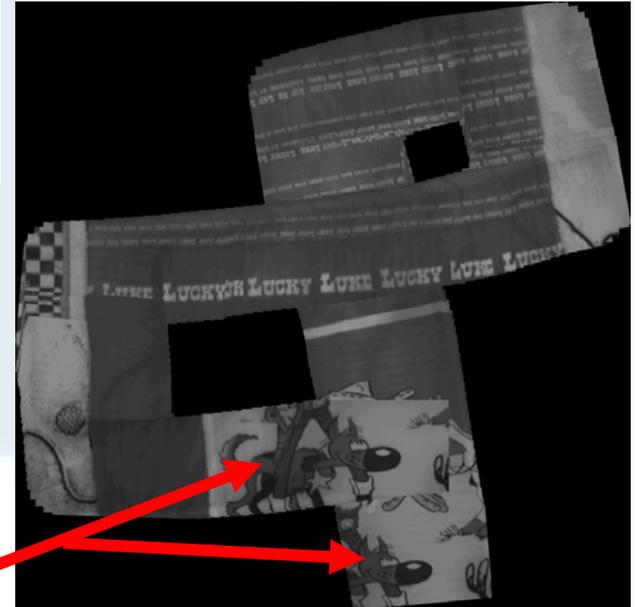
Déformation
mosaïque

Conclusion



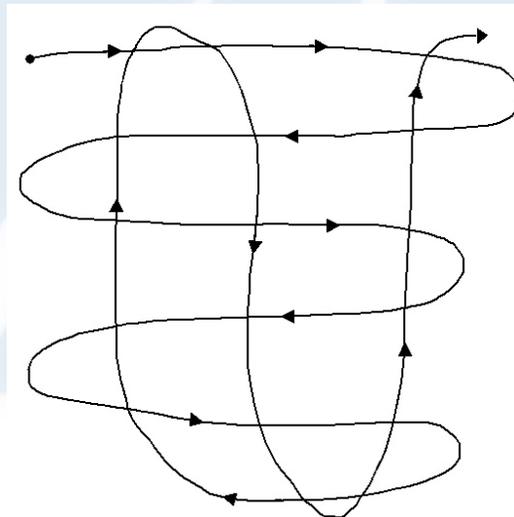
Mosaïque construite
à partir de la
trajectoire vraie

Mosaïque
construite à partir
d'une estimation
de mouvement
inter-image



Introduction à la problématique (5)

- **Objectif** : Cartographier précisément une zone d'intérêt
⇔ bien localiser la mosaïque, en réduisant les dérives
- **Trajectoire typique** (couverture optimale de la zone) :



Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Introduction à la problématique (6)

- Données disponibles en plongée :
 - Capteurs acoustiques (BUC) :
 - Données absolues
 - **Présence de points aberrants (outliers)**
 - **Capteurs d'estime (système gyro-doppler)**
 - Données relatives
 - Grande précision
 - **Dérive au cours du temps**
- Données disponibles en surface seulement :
 - GPS (*trop peu précis pour notre application*)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

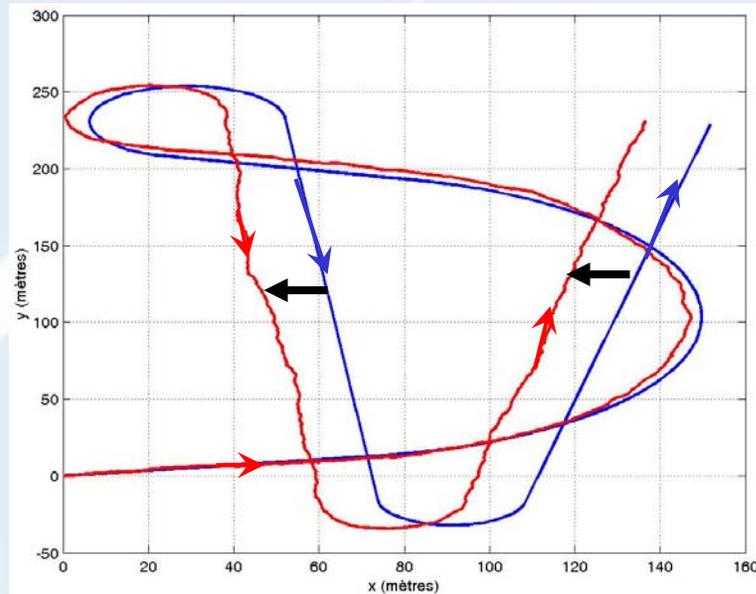
Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Introduction à la problématique (7)

- Illustration de la dérive au cours du temps de la trajectoire système gyro-doppler :



Dérive = ←

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Introduction à la problématique (8)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion



Caméra

→ Séquence d'images

Système gyro-doppler

→ Mesures de cap et vitesse

Localisation Aller/image

1. Dérive dans le temps
2. Aberrations

Localisation Aller/cap+vitesse

1. Dérive dans le temps
2. Aberrations



Introduction à la problématique (10)

NB :

Pour combiner les mesures de ces deux systèmes, nécessité de déterminer un **référentiel commun** (connaissance de la relation mètre-pixel) :

→ Méthode d'*auto-calibrage* de la caméra (thèse de N. Pessel, 2003)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Hypothèses de travail

- Pas de prise en compte du relief
- Déplacement de la caméra à profondeur constante
- Synchronisation des mesures
- Connaissance des positions initiale et finale du véhicule par
 - Utilisation d'un amer naturel ou artificiel,
 - Recalage par GPS lors d'une remontée en surface, etc...

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Vocabulaire utilisé

- **Couple d'instants de rendez-vous (RdV)** : couple d'instants pour lesquels l'engin repasse au-dessus d'une même zone.
- **Localisation Aller (A)** : estimation de la position du véhicule à l'instant k par les **mesures antérieures** (images ou caps+vitesse).
- **Localisation Retour (R)** : estimation de la position du véhicule à l'instant k par les **mesures postérieures** (images ou caps+vitesse).
- **Localisation Aller/Retour (AR)** : estimation de la position du véhicule à l'instant k par **toutes les mesures disponibles** (images ou caps+vitesse), en tenant compte des **instants de RdV**.

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Principe général

1. Estimer les instants de rendez-vous,
2. Réaliser la localisation AR/(cap+vitesse+instants de RdV estimés),
3. Réaliser la localisation AR/(image+instants de RdV estimés),
4. Réaliser la fusion des localisations AR, reconstruire la mosaïque.
- 4'. *Alternative* : déformer la mosaïque déjà construite (par exemple si séquence d'images pas ou plus disponible ou si fusion impossible).

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Recherche des instants de RdV (1)

1. *Localisation Aller/cap+vitesse*

2. *Estimation grossière* : instants où la localisation Aller/cap+vitesse se recoupe

3. *Estimation fine* : recherche du couple d'images « le plus proche » dans un voisinage d'images : utilisation de la *Procédure Itérative et Statistique d'Appariement (PISA)* (thèse de Sistiaga, 2000)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

Comparaison

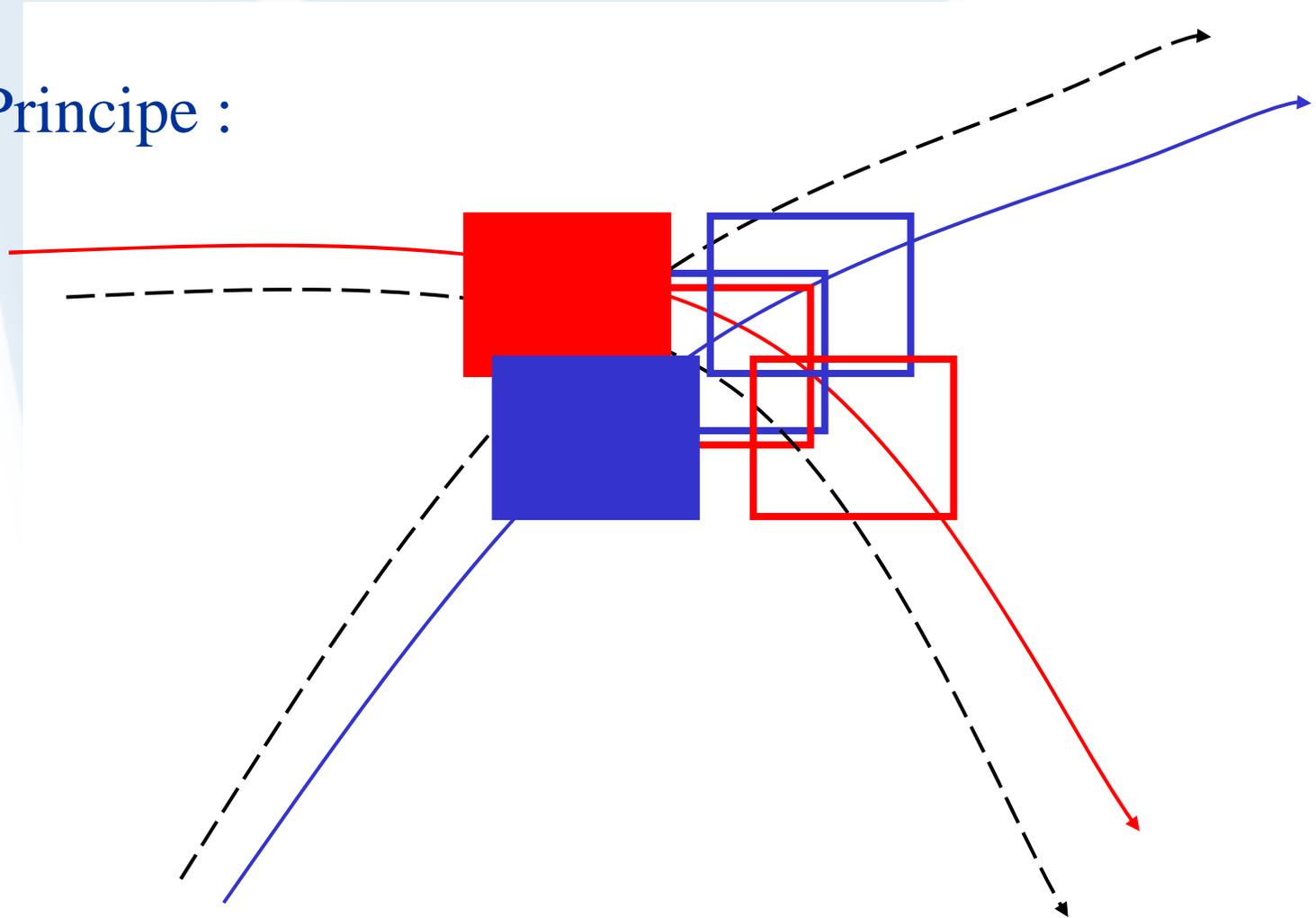
Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

Recherche des instants de RdV (2)

- Principe :



Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

PISA : principe

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

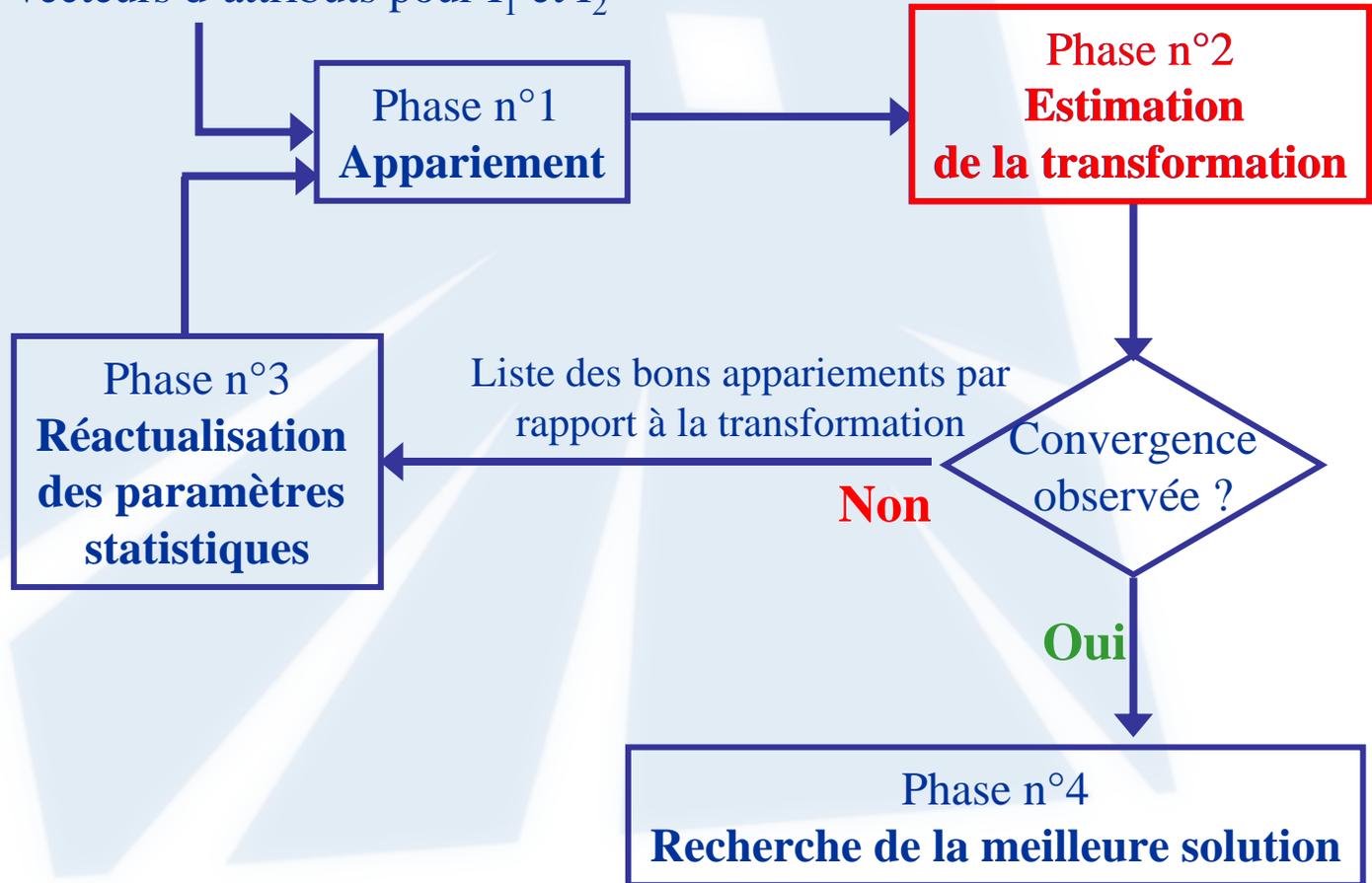
Comparaison

Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

Liste de points extraits pour I_1 et I_2
→ Liste de vecteurs d'attributs pour I_1 et I_2



PISA : estimation transformation (1)

- Soit $P_{1_k} = (x_1 \ y_1)_k^T$ le point de l'image 1
- Soit $P_{2_k} = (x_2 \ y_2)_k^T$ son point correspondant dans l'image 2

- Transformation à estimer :

$$P_{2_k} = \rho R_\alpha P_{1_k} + T$$

où T est la translation, R_α est la rotation d'angle α et ρ le changement de résolution (zoom).

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

Comparaison

Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

PISA : estimation transformation (2)

- Estimateurs proposés par Sistiaga, basés sur une modélisation non-linéaire :
 - Moindres carrés (MC)
 - Moindres carrés pondérés (MCP)
 - Filtrage de Kalman étendu (EKF)
 - Filtrage de Kalman étendu pondéré (EKFP)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

Comparaison

Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

PISA : notre proposition (1)

- Modèle linéaire :

$$P_{2_k} = \rho \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} P_{1_k} + T + \varepsilon_k$$

- En posant $\theta = \begin{pmatrix} \rho \cos \alpha \\ \rho \sin \alpha \\ t_x \\ t_y \end{pmatrix}$ et $A_k = \begin{pmatrix} x_1 & -y_1 & 1 & 0 \\ y_1 & x_1 & 0 & 1 \end{pmatrix}_k$

- On obtient : $P_{2_k} = A_k \theta + \varepsilon_k$ (linéaire)

PISA : notre proposition (2)

- Moindres carrés sur modèle linéaire (MCL) :

$$\hat{\theta} = \left(A^T A \right)^{-1} A^T X \quad \text{où} \quad A = \begin{pmatrix} A_1 \\ \dots \\ A_p \end{pmatrix} \quad \text{et} \quad X = \begin{pmatrix} P_{21} \\ \dots \\ P_{2p} \end{pmatrix}$$

- Moindres carrés pondérés sur modèle linéaire (MCLP) :

$$\hat{\theta} = \left(A^T W A \right)^{-1} A^T W X$$

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

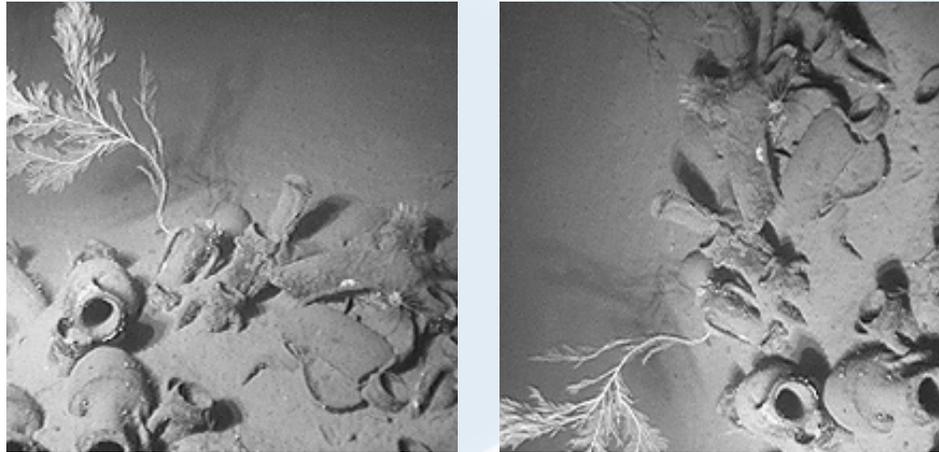
Comparaison

Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

PISA : comparaison des différents estimateurs sur une scène naturelle assez structurée



Valeurs vraies :

$$t_x = 10 \text{ pixels}$$

$$t_y = 20 \text{ pixels}$$

$$\alpha = -90^\circ$$

$$\rho = 1$$

	EKFP	MCP	MCLP
\hat{t}_x	9.97	9.99	9.99
\hat{t}_y	18.92	19	19
$\hat{\alpha}$	-89.98	326	-89.99
$\hat{\rho}$	0.99	0.83	1.00

→ EKFP et MCLP retenus

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

Comparaison

Fusion des localisations AR

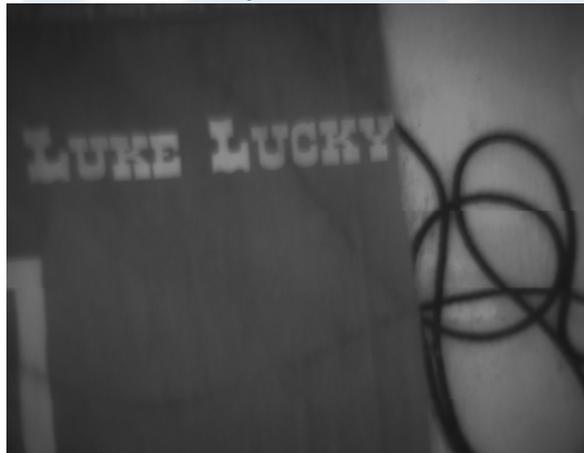
Déformation mosaïque

Conclusion

PISA : application à l'estimation des instants de RdV (1)

- Critère de proximité : plus faible translation entre deux images dans le voisinage
- Contexte expérimental : portique PISCATOR, drap plan avec motifs
- Le couple d'instants de RdV *grossièrement estimé* est (3, 191)

Lucky Luke 3



Lucky Luke 191



Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

Comparaison

Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

PISA : application à l'estimation des instants de RdV (2)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

Comparaison

Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

Recherche dans un voisinage d'une image : **EKFP**

	2/190	2/191	2/192	3/190	3/191	3/192	4/190	4/191	4/192
\hat{t}_x	38.7	53.1	64.3	30	52.9	27.5	4.2	12.1	40.5
\hat{t}_y	37.9	59.9	15	62	92.4	-35.9	130.2	93.3	49.7
Dist	54.2	80	66	68.8	106.5	45.2	130.3	94.1	64.1

$$\text{où } Dist = \sqrt{\hat{t}_x^2 + \hat{t}_y^2}$$

PISA : application à l'estimation des instants de RdV (3)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

Comparaison

Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

Recherche dans un voisinage d'une image : **MCLP**

	2/190	2/191	2/192	3/190	3/191	3/192	4/190	4/191	4/192
\hat{t}_x	110	138	104	110	139	50	55	43	103
\hat{t}_y	202	247	105	183	214	89	195	142	179
Dist	230	283	148	214	255	102	203	148	207

PISA : application à l'estimation des instants de RdV (4)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

- Couple d'instants de RdV vrai : **(3, 191)**
- Bilan :
 - Les 2 estimateurs ont des performances comparables
 - Néanmoins : avantage des MCLP car
 - Évite les écueils numériques (pb de minima locaux),
 - Demande moins de calculs (méthode directe).

Localisation AR/cap+vitesse

- **Objectif** : estimer le vecteur $\theta = \left[X_2^T \dots X_{N-1}^T \right]^T$ (les points extrêmes sont supposés connus).
- **Étapes** :
 - Modélisation des mesures et de la trajectoire
 - Estimation de la trajectoire
 - Résultats sur simulations - Performances

Introduction

Principe

Instants de RdV

*Localisation
AR/cap+vit*

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Modélisation (1)

- **Mesures :**

- Positions extrêmes connues
- Mesures de couples d'instant de RdV, (fournis par PISA sur localisation Aller/cap+vitesse)
- Mesures de cap et de vitesse :

$$\begin{cases} \tilde{c}_k = c_k + \mathcal{E}_{c_k} \\ \tilde{v}_k = v_k + \mathcal{E}_{v_k} \end{cases}$$

\mathcal{E}_{c_k} et \mathcal{E}_{v_k} sont des bruits supposés gaussiens centrés indépendants.

Introduction

Principe

Instants de RdV

*Localisation
AR/cap+vit*

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Modélisation (2)

Introduction

Principe

Instants de RdV

*Localisation
AR/cap+vit*

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

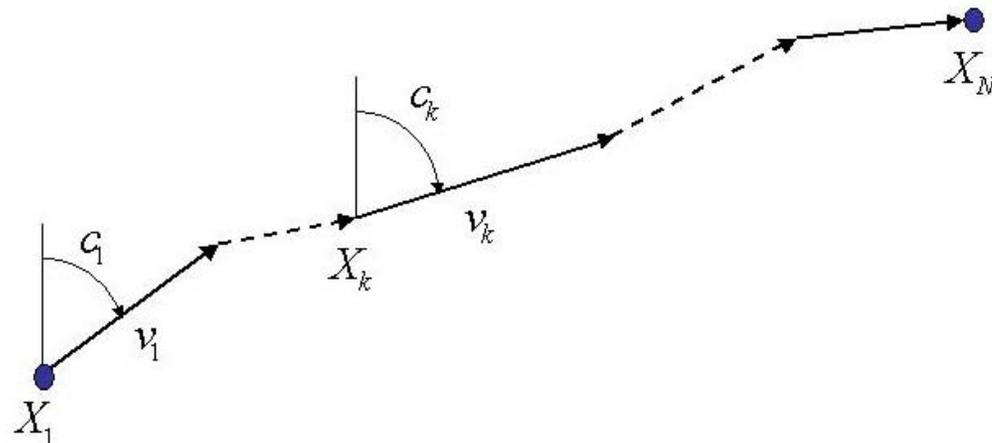
Déformation
mosaïque

Conclusion

• Trajectoire :

- Soit $X_k = (x_k, y_k)^T$ la position de l'engin à l'instant t_k
- Trajectoire assimilée à une ligne brisée :

$$X_k = X_{k-1} + (t_k - t_{k-1}) v_{k-1} \begin{pmatrix} \sin c_{k-1} \\ \cos c_{k-1} \end{pmatrix}$$



Modélisation (3)

- Les mesures sont reliées aux positions par :

$$\tilde{c}_k = c_k(\theta) + \varepsilon_{c_k} = \arctan\left(\frac{x_{k+1} - x_k}{y_{k+1} - y_k}\right) + \varepsilon_{c_k}$$

$$\tilde{v}_k = v_k(\theta) + \varepsilon_{v_k} = \frac{\sqrt{(x_{k+1} - x_k)^2 + (y_{k+1} - y_k)^2}}{T_k} + \varepsilon_{v_k}$$

Introduction

Principe

Instants de RdV

*Localisation
AR/cap+vit*

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Estimation de la trajectoire

- **Deux types de trajectoires :**

- **Trajectoire *simple*** : trajectoire sans prise en compte des instants de rendez-vous
- **Trajectoire *complexe (réaliste)*** : trajectoire avec prise en compte des instants de rendez-vous

Introduction

Principe

Instants de RdV

*Localisation
AR/cap+vit*

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

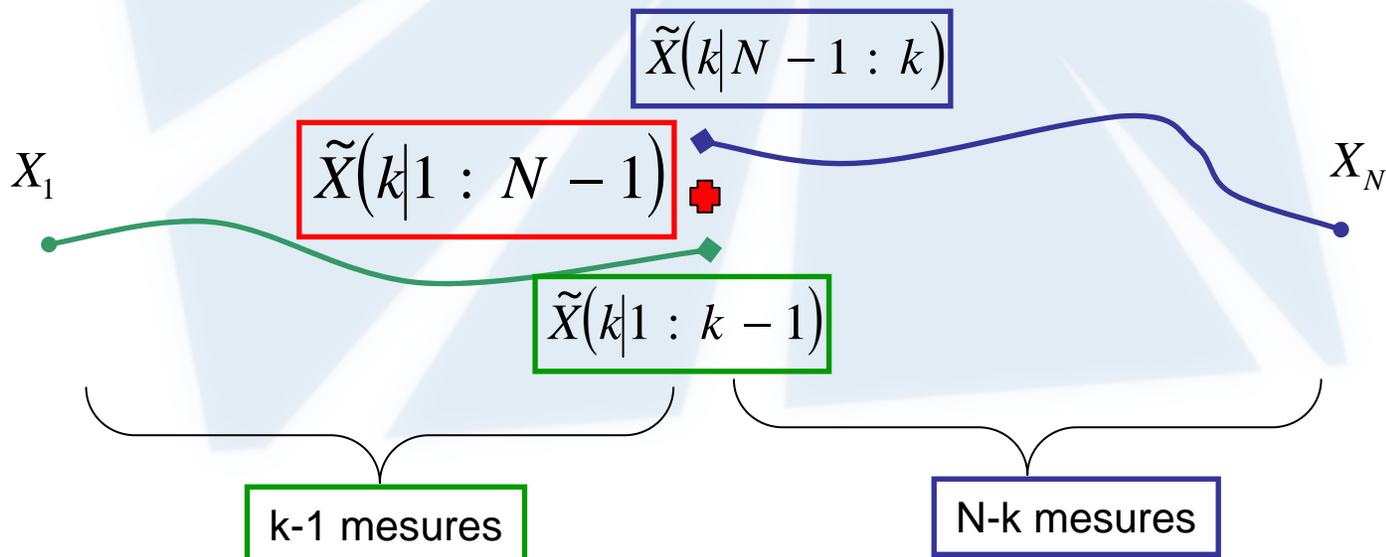
Déformation
mosaïque

Conclusion

Trajectoire simple (1)

Principe de l'estimation, pour tout instant k :

1. *Estimation aller* $\tilde{X}(k|1 : k - 1)$: intégration plus réduction de biais
2. *Estimation retour* $\tilde{X}(k|N - 1 : k)$: intégration rétrograde plus réduction de biais
3. *Fusion par les moindres carrés pondérés* : $\tilde{X}(k|1 : N - 1)$



Trajectoire *simple* (2)

Avant réduction de biais :

- Estimation **aller** $\hat{X}(k|1 : k - 1)$

$$\hat{X}(k|1 : k - 1) = X_1 + \sum_{l=2}^k (t_l - t_{l-1}) \tilde{v}_{l-1} \begin{pmatrix} \sin \tilde{c}_{l-1} \\ \cos \tilde{c}_{l-1} \end{pmatrix}$$

- Estimation **retour** $\hat{X}(k|N - 1 : k)$

$$\hat{X}(k|N - 1 : k) = X_N - \sum_{l=N-1}^{k+1} (t_l - t_{l-1}) \tilde{v}_{l-1} \begin{pmatrix} \sin \tilde{c}_{l-1} \\ \cos \tilde{c}_{l-1} \end{pmatrix}$$

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

Comparaison

Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

Trajectoire *simple* (3)

- **Réduction du biais** pour estimation aller (idem pour retour) :

$$b_X(k) = b_X(k, \theta)$$

$$\tilde{X}(k|1 : k - 1) = \hat{X}(k|1 : k - 1) - b_X(k, \hat{\theta})$$

- **Fusion** : $\tilde{X}(k|1 : N - 1)$

$$\tilde{X}(k|1 : N - 1) = \left(P[k|1 : k - 1]^{-1} + P[k|N - 1 : k]^{-1} \right) \times$$

$$\left(P[k|1 : k - 1]^{-1} \tilde{X}(k|1 : k - 1) + P[k|N - 1 : k]^{-1} \tilde{X}(k|N - 1 : k) \right)$$

Introduction

Principe

Instants de RdV

*Localisation
AR/cap+vit*

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

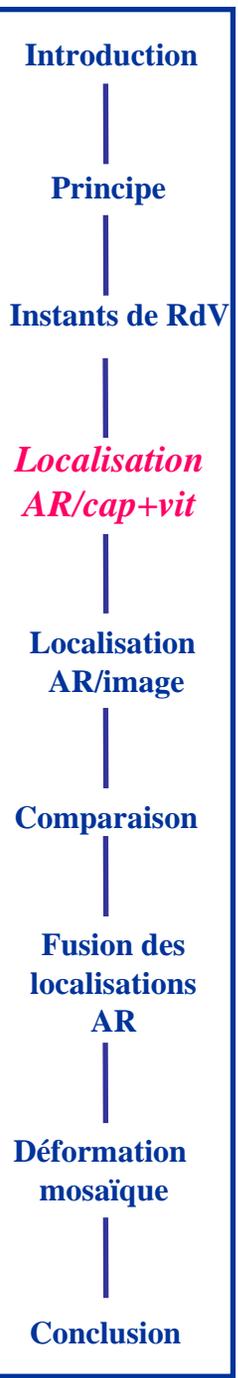
Déformation
mosaïque

Conclusion

Trajectoire *simple* : qualification de l'estimateur proposé (1)

- **BCR** (Borne de Cramer-Rao) = borne inférieure de la matrice de variance-covariance de tout estimateur (plus un estimateur est proche de la BCR, plus il est optimal).

➔ Comparaison des variances théoriques et empiriques à celles déduites de la BCR.



Trajectoire *simple* : qualification de l'estimateur proposé (2)

- BCR des estimateurs sans biais = inverse de la matrice d'Information de Fisher
- Information de Fisher :

$$I_{\theta}(z_1, \dots, z_N) = \sum_{k=1}^N I_{\theta}(z_k)$$

$$= \sum_{k=1}^N \left[\frac{1}{\sigma_c^2} \nabla_{\theta} c_k(\theta) \nabla_{\theta}^T c_k(\theta) + \frac{1}{\sigma_v^2} \nabla_{\theta} v_k(\theta) \nabla_{\theta}^T v_k(\theta) \right]$$

- Sa structure : matrice bande, symétrique, définie positive.

Introduction

Principe

Instants de RdV

*Localisation
AR/cap+vit*

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Résultats sur trajectoire *simple* (1)

Introduction

Principe

Instants de RdV

*Localisation
AR/cap+vit*

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

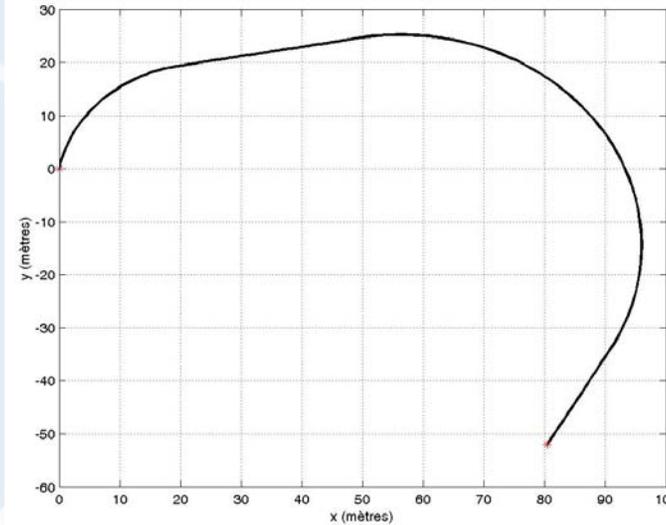
Déformation
mosaïque

Conclusion

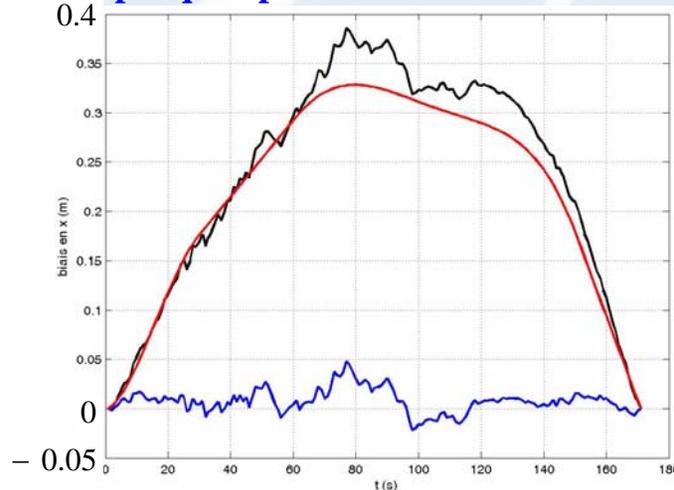
Trajectoire simulée

$$\sigma_c = 10^\circ$$

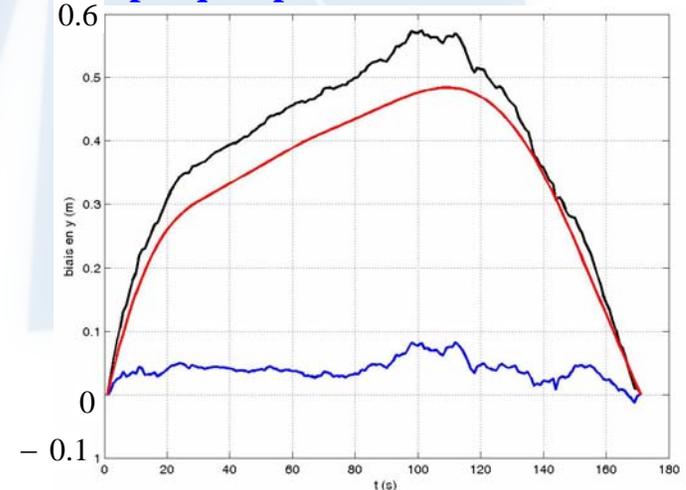
$$\sigma_v = 0.7m / s$$



Biais **théorique**, empirique avant correction
et **empirique après correction de biais en x**



Biais **théorique**, empirique avant correction
et **empirique après correction de biais en y**



Résultats sur trajectoire *simple* (2)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

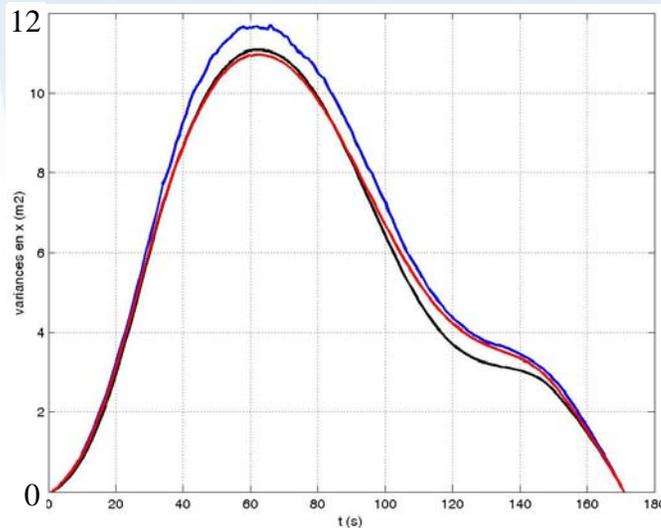
Comparaison

Fusion des
localisations
AR

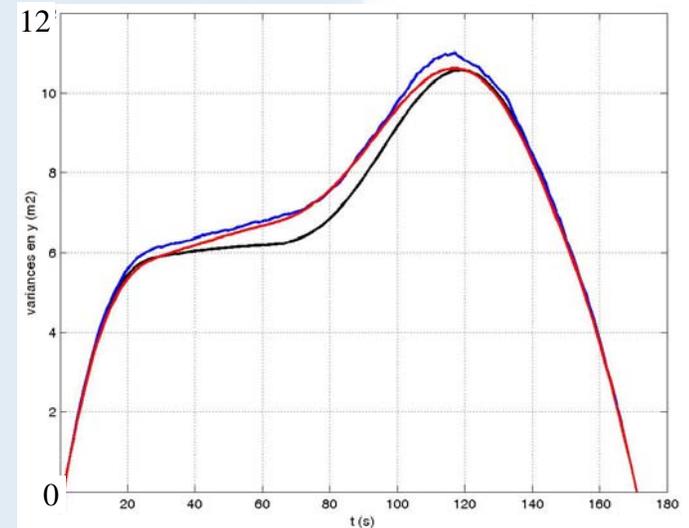
Déformation
mosaïque

Conclusion

Variances **théorique**, empirique
et **BCR** en x



Variances **théorique**, empirique
et **BCR** en y



→ **Méthode quasi-efficace**

Trajectoire *complexe* (1)

- Principe :
 - **Décomposer** la trajectoire *complexe* en une liste de trajectoires *simples* connexes,
 - **Estimer** chacune d'elles selon la méthode choisie.
- Stratégie choisie :
 - **Trier** les trajectoires *simples* selon un algorithme issu de la théorie des graphes (algorithme du plus court chemin de Dijkstra sur un graphe *orienté*).

Introduction

Principe

Instants de RdV

*Localisation
AR/cap+vit*

Localisation
AR/image

Comparaison

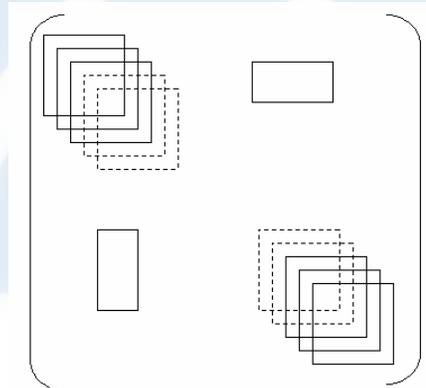
Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Trajectoire *complexe* : qualification de l'estimateur proposé (1)

- Remarque :
 - Les positions des 2 points de RdV sont les mêmes : la dimension du vecteur θ diminue.
- Structure de la matrice d'information de Fisher :
 - Matrice bande, comprenant des blocs extra diagonaux si présence de couples d'instant de RdV.
- Structure dans le cas d'un seul couple d'instant de RdV :



Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

Comparaison

Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

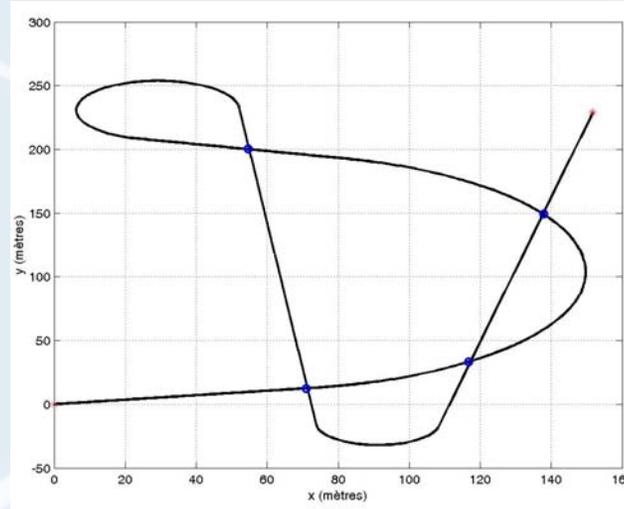
Conclusion

Trajectoire *complexe* : résultats (1)

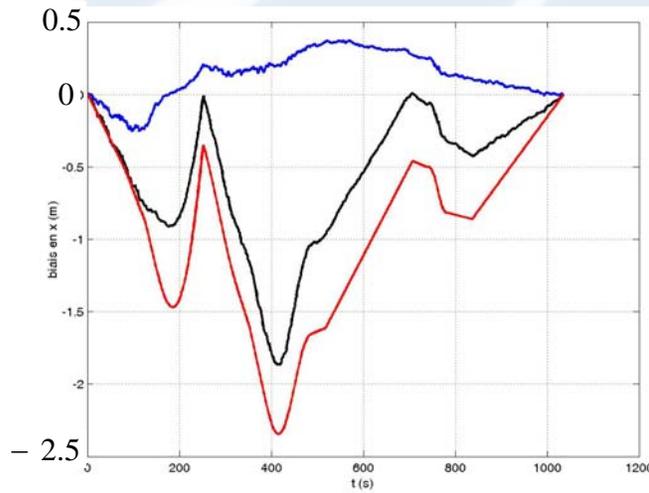
Trajectoire simulée

$$\sigma_c = 10^\circ$$

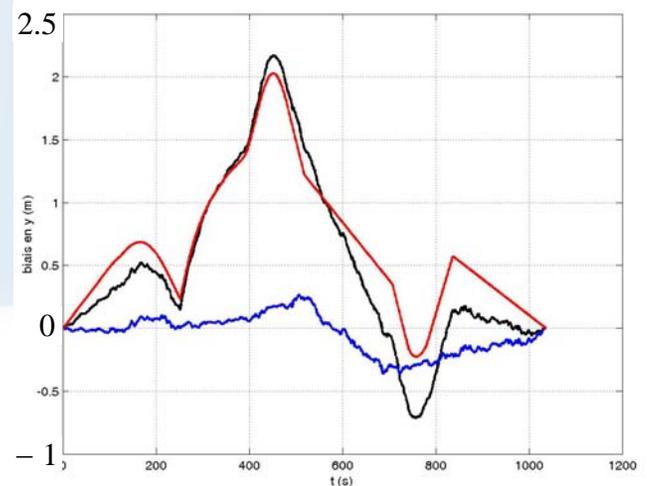
$$\sigma_v = 0.7 \text{ m / s}$$



Biais **théorique**, empirique avant correction
et empirique après correction de biais en x



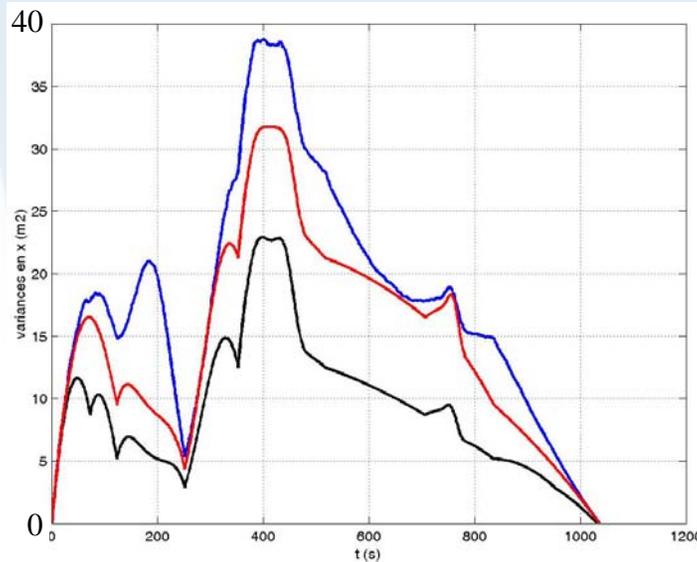
Biais **théorique**, empirique avant correction
et empirique après correction de biais en y



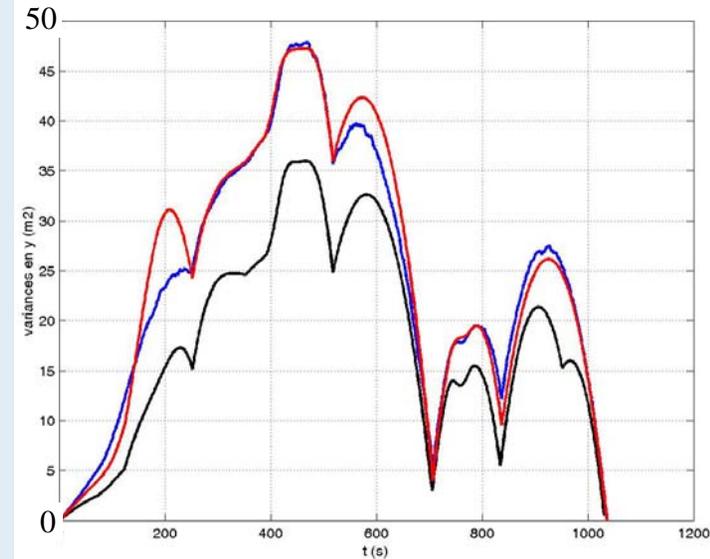
Trajectoire *complexe* : résultats (2)

- Introduction
- Principe
- Instants de RdV
- Localisation AR/cap+vit*
- Localisation AR/image
- Comparaison
- Fusion des localisations AR
- Déformation mosaïque
- Conclusion

Variances **théorique**, empirique et **BCR** en x



Variances **théorique**, empirique et **BCR** en y

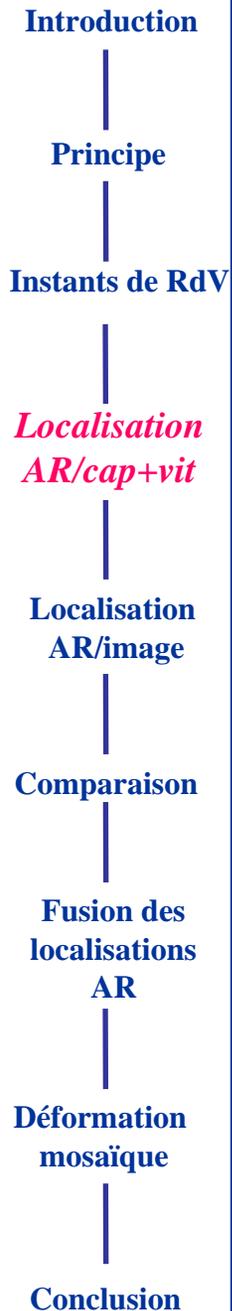


Trajectoire *complexe* : résultats (3)

- **Bilan :**

- Biais fortement réduits, voire négligeables,
- Variances empiriques proches des variances théoriques,
- Variances théoriques de même allure que la BCR, même si plus élevées (traj. complexe).

- Méthode **rapide**, dont l'**efficacité** décroît avec le nombre d'instant de RdV.



Localisation AR/ image

- Principe :
 - Estimation des déplacements entre deux images successives.
 - Localisation A/image ou localisation AR/image.
- Estimation du déplacement :
 - 2 algorithmes retenus :
 - *Flot optique* : **RMR** (Robust Multi-Resolution) : Odobez, Bouthémy , 1994-95.
 - *Mise en correspondance de caractéristiques* : **KLT** (Kanade, Lucas et Tomasi) : 1981, 1994.

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation AR/cap+vit

Localisation AR/image

Comparaison

Fusion des localisations AR

Déformation mosaïque

Conclusion

RMR (1)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

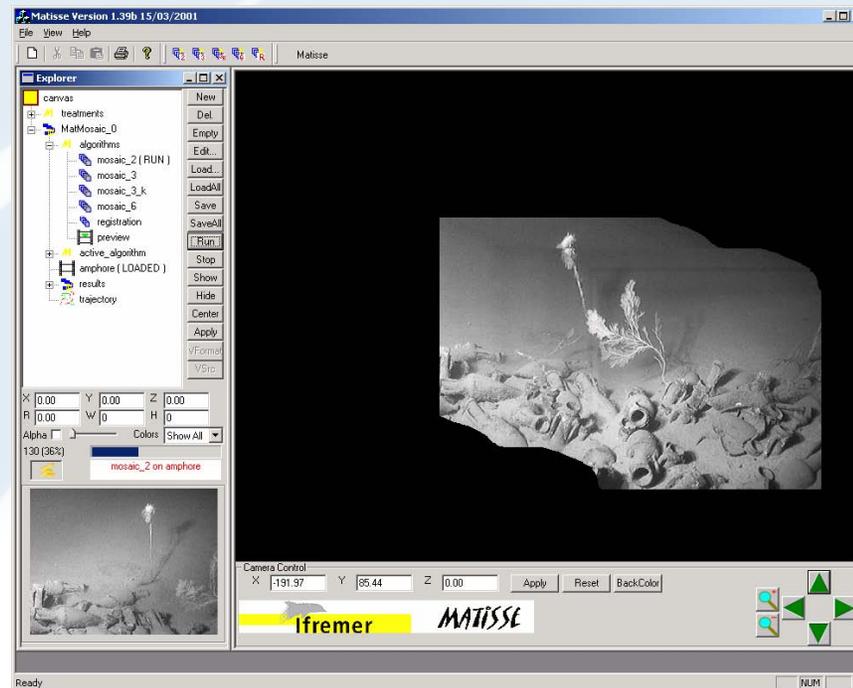
Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

- Développé à l'IRISA par Odobez et Bouthémy (1995)
- Intégré, parmi d'autres méthodes, dans le logiciel MATISSE® (Mosaïque Assistée par Traitement d'ImageS et de Sources Externes) développé par l'IFREMER pour la mosaïque en temps réel.



RMR (2)

- Méthode permettant d'estimer le mouvement global en deux dimensions d'une image de façon robuste, par une méthode d'estimation pyramidale.
- Principe :
 - Modèle du mouvement jusqu'à 8 paramètres
 - Construction d'une pyramide d'images gaussienne pour chaque image
 - Estimation du mouvement de l'image de plus basse résolution (niveau de la pyramide le plus haut) vers l'image de pleine résolution (niveau le plus bas).

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

KLT

- Mouvement de la caméra faible :
 - d'une image à l'autre, un point considéré se déplace dans son proche voisinage.
- Méthode de suivi de points :
 - Extraction de points dans la première image,
 - Tracking de ces points dans les images suivantes :
 - Estimation du déplacement inter-image par *l'estimateur des moindres carrés* : minimisation d'une fonction d'erreur sur une fenêtre autour du point dans les images courante et suivante.

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Localisation A/image par RMR et KLT

- Introduction
- Principe
- Instants de RdV
- Localisation AR/cap+vit
- Localisation AR/image*
- Comparaison
- Fusion des localisations AR
- Déformation mosaïque
- Conclusion



Mosaïque obtenue par le KLT



Mosaïque obtenue par le RMR

→ **RMR retenu**

Localisation AR/image (1)

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

**Localisation
AR/image**

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Principe :

1. *Estimation aller* : intégration des déplacements estimés
2. *Estimation retour* : intégration rétrograde des déplacements estimés
3. *Fusion par les moindres carrés pondérés* : nécessité de connaître les biais et les variances.

Pb : calcul des biais et variances.

Localisation AR/image (2)

- Biais et variances des paramètres du RMR *non disponibles* à ce jour
- Mais :
 - ➔ On suppose que la variance des déplacements estimés est *constante* au cours du temps,
 - ➔ La variance de la trajectoire aller estimée (retour) augmente linéairement avec le temps,
 - ➔ Fusion possible des estimations aller et retour.

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

*Localisation
AR/image*

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

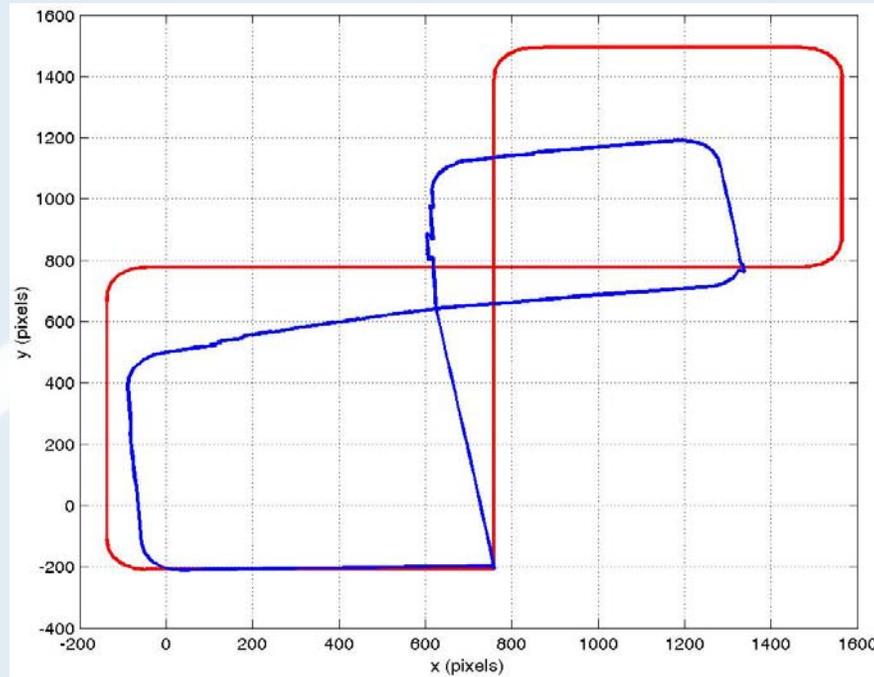
Déformation
mosaïque

Conclusion

Localisation AR/image (3)

- Introduction
- Principe
- Instants de RdV
- Localisation AR/cap+vit
- Localisation AR/image**
- Comparaison
- Fusion des localisations AR
- Déformation mosaïque
- Conclusion

Comparaison de la **trajectoire vraie** et de la **localisation AR/image**



Comparaison localisation AR/cap+vitesse et AR/image (1)

- Comparaison dans le plan 2D image (pixels)
 - Méthode d'auto-calibrage de la caméra (N. Pessel, 2003)
- Comparaison au niveau des :
 - Déplacements,
 - Positions,
 - Mosaiques.

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

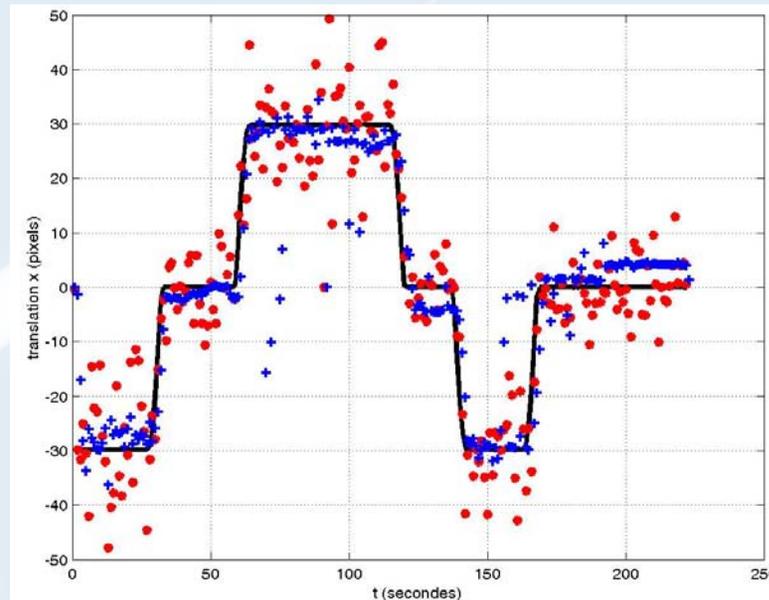
Déformation
mosaïque

Conclusion

Comparaison localisation AR/cap+vitesse et AR/image (2)

- Déplacements

Déplacements **vrais**, **localisation AR/image**
et **localisation AR/cap+vitesse** en x

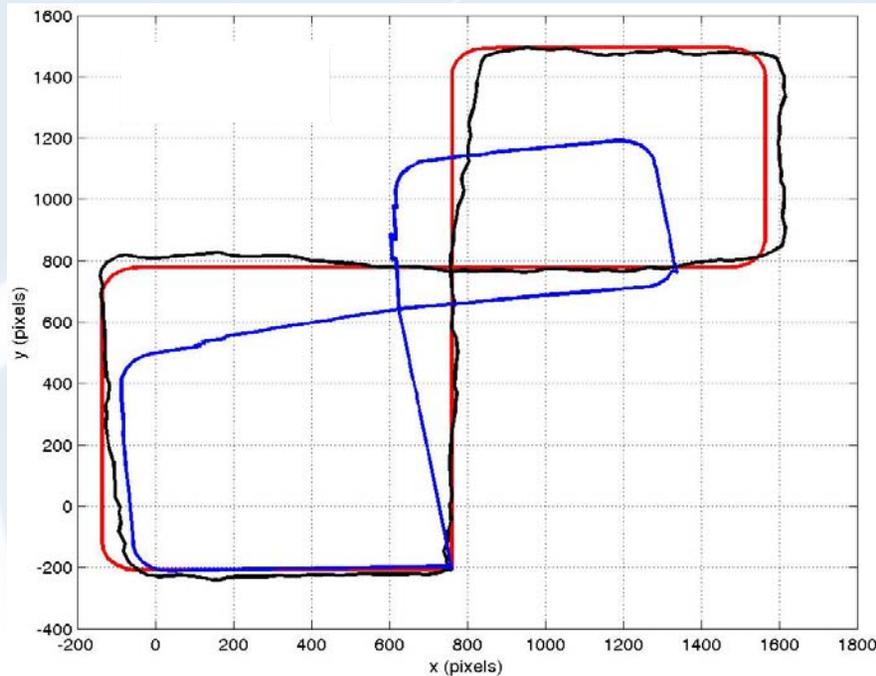


- Introduction
- Principe
- Instants de RdV
- Localisation AR/cap+vit
- Localisation AR/image
- Comparaison*
- Fusion des localisations AR
- Déformation mosaïque
- Conclusion

Comparaison localisation AR/cap+vitesse et AR/image (3)

- Positions

Positions **vraies**, par **localisation AR/image**
et par **localisation AR/cap+vitesse**

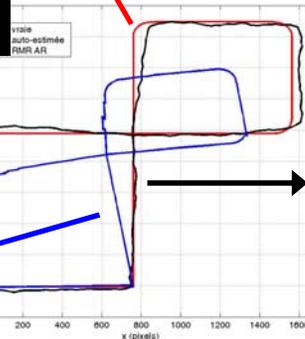


- Introduction
- Principe
- Instants de RdV
- Localisation AR/cap+vit
- Localisation AR/image
- Comparaison*
- Fusion des localisations AR
- Déformation mosaïque
- Conclusion

Comparaison localisation AR/cap+vitesse et AR/image (4)

Mosaïque construite
à partir de la
trajectoire vraie
(programmée)

Mosaïque construite à partir de
la **localisation AR/cap+vitesse**



Mosaïque construite
à partir de la
localisation
AR/image



Comparaison localisation AR/cap+vitesse et AR/image (5)

- Localisation AR/cap+vitesse :
 - Déplacements dispersés autour des déplacements vrais, pas de biais,
 - Positions estimées proches des positions vraies.
- Localisation AR/image :
 - Estimation des déplacements proche des déplacements vrais, mais présence de biais et de points aberrants (outliers),
 - Dérive importante de la trajectoire par rapport à la trajectoire vraie.



Fusion de la localisation AR/cap+vitesse et de la localisation AR/image

- Fusion **réalisable** sous réserve que les biais et variances des déplacements estimés par RMR soient *disponibles*.

Actuellement non disponibles...

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

*Fusion des
localisations
AR*

Déformation
mosaïque

Conclusion

Alternative

- La séquence n'est pas (ou plus) disponible ou la fusion n'est pas possible, *mais la mosaïque est déjà construite.*

→ Corriger la mosaïque par **déformation d'images**, grâce à la localisation AR/cap+vitesse estimée.

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

**Déformation
mosaïque**

Conclusion

Déformation d'images (1)

- **Données :**
 - Mosaïque déjà construite,
 - Déplacements estimés par l'image = trajectoire du centre des imasettes (localisation A/image),
 - Localisation AR/cap+vitesse.
- **Principe :**
 - Déformer la mosaïque en mettant en correspondance :
 - ce qu'on voudrait avoir (localisation AR/cap+vitesse), et
 - ce qu'on a (positions du centre de l'image).

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

*Déformation
mosaïque*

Conclusion

Déformation d'images (2)

- **Algorithme** (Beier et Neely, 1992) : déformer une image à partir de paires de segments mis en correspondance.
 - Exemple du morphing : transformation d'un visage en un autre.
- **Principe :**
 - Une paire de segments \longrightarrow similitude directe,
 - Plusieurs paires de segments \longrightarrow combinaison non-linéaire de similitudes directes :
Rechercher la position d'un pixel à partir d'une correspondance entre les segments, en introduisant un poids qui dépend :
 - de la longueur des segments mis en correspondance,
 - de l'éloignement du point considéré aux segments.

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

*Déformation
mosaïque*

Conclusion

Déformation d'images (3) : Exemple de résultat

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

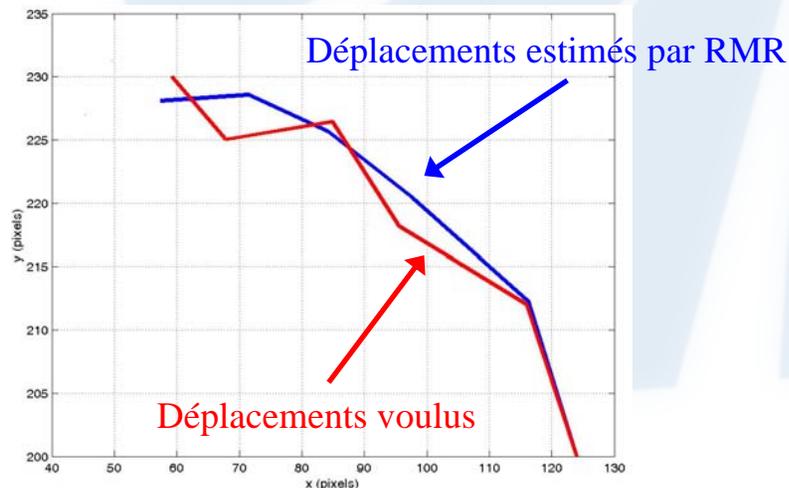
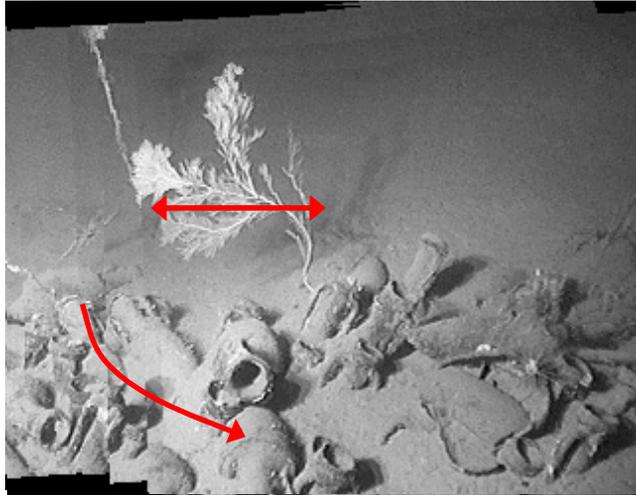
Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

*Déformation
mosaïque*

Conclusion

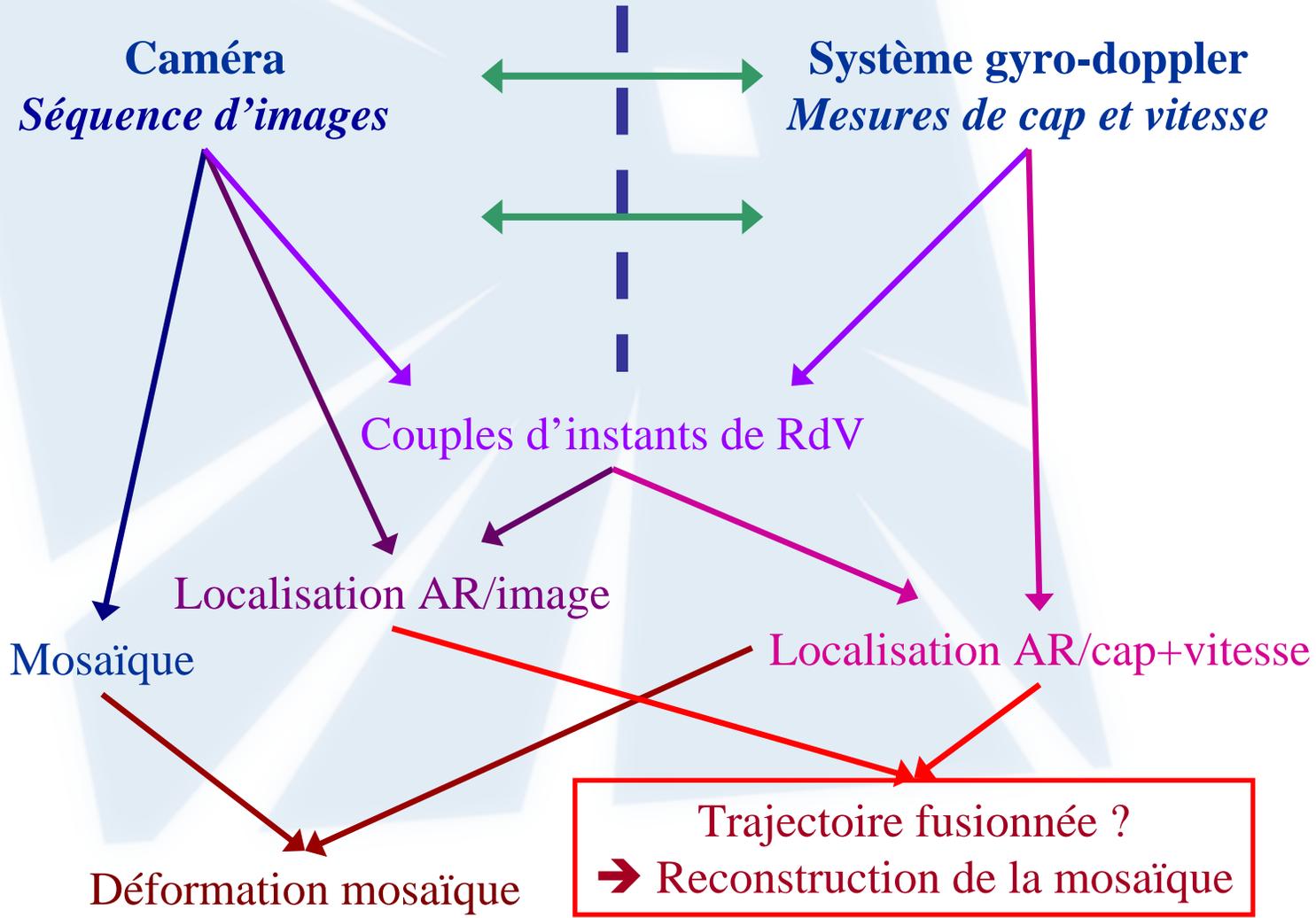


- Méthode très coûteuse en ressources
 - Utilisation d'une mosaïque de 7 imagerie
- Méthode très prometteuse

Conclusion (1)

Résumé du système proposé

- Introduction
- Principe
- Instants de RdV
- Localisation AR/cap+vit
- Localisation AR/image
- Comparaison
- Fusion des localisations AR
- Déformation mosaïque
- Conclusion**



Conclusion (2)

Perspectives

- **Algorithme :**
 - Itérer le processus à partir de la localisation AR,
 - Estimation des biais et variances des déplacements estimés par RMR.
- **Modélisation :**
 - Hypothèse de profondeur constante (cas 2D) : évolution vers cas 3D,
 - Prise en compte de l'orientation (roulis, tangage) de la caméra lors de la construction de la mosaïque.
- Confrontation à un jeu complet de **données réelles**, provenant de missions en mer.

Introduction

Principe

Instants de RdV

Localisation
AR/cap+vit

Localisation
AR/image

Comparaison

Fusion des
localisations
AR

Déformation
mosaïque

Conclusion

Introduction

Principe

Instants de RdV

**Localisation
AR/cap+vit**

**Localisation
AR/image**

Comparaison

**Fusion des
localisations
AR**

**Déformation
mosaïque**

Conclusion



ACS Underwater GPS



Merci de votre attention...