

# Localisation robuste d'un véhicule en environnement urbain à partir d'un système de stéréo-vision

Nicolas SIMOND

Projet ICARE

Institut National de Recherche en Informatique et Automatique  
Sophia-Antipolis, France

# Les transports routiers dans la C.E.

## Les faits\* :

- la congestion des voies de transports routiers a été évaluée à une perte de 40 milliards euros/an,
- les pollutions sonores et atmosphériques dégradent sensiblement la qualité de vie des citoyens,
- 40 000 décès/an.

\* source : <http://europa.eu.int/comm/transport/>

# Les transports routiers dans la C.E.

## Les faits\* :

- la congestion des voies de transports routiers a été évaluée à une perte de 40 milliards euros/an,
- les pollutions sonores et atmosphériques dégradent sensiblement la qualité de vie des citoyens,
- 40 000 décès/an.

*"Le livre blanc sur la politique européenne des transports à l'horizon 2010 : l'heure des choix"* préconise le développement massif des **Systemes de Transports Intelligents (ITS)**.

\* source : <http://europa.eu.int/comm/transport/>

# Les Systèmes de Transports Intelligents

"Les *ITS* recourent aux technologies de l'information et de la communication pour faciliter le transport sans rupture de charges des voyageurs et des marchandises".

La recherche est financée grâce à :

- des **projets européens ITS** : *Carsense, Save-u, Cybercars, Cybermove, ...*
- des **projets nationaux Predit** : *Arcos, Puvame, Mobivip, ...*

Cette thèse s'inscrit dans la problématique des projets *Cybercars* et *Mobivip* :

## **La localisation précise des véhicules en milieu urbain**

afin :

- d'améliorer les systèmes d'aide à la navigation,
- d'améliorer la sécurité des usagers de la route,
- de développer des outils indispensables à la navigation de futurs véhicules autonomes.

# Plan

1. Les méthodes de localisation en milieu urbain
2. La localisation à l'estime
3. Notre approche
4. Conclusion

# Plan

1. Les méthodes de localisation en milieu urbain
2. La localisation à l'estime
3. Notre approche
4. Conclusion

# La localisation géo-référencée par GPS

La précision des récepteurs GPS varie entre  $[2; 10]m$ .

Le Système de Navigation Globale Galileo :

- financé par la Communauté Européenne,
- le système sera opérationnel en 2008,

# La localisation géo-référencée par GPS

La précision des récepteurs GPS varie entre  $[2; 10]m$ .

Le Système de Navigation Globale Galileo :

- financé par la Communauté Européenne,
- le système sera opérationnel en 2008,
- les récepteurs Galileo seront compatibles avec les systèmes existants,

# La localisation géo-référencée par GPS

La précision des récepteurs GPS varie entre  $[2; 10]m$ .

Le Système de Navigation Globale Galileo :

- financé par la Communauté Européenne,
- le système sera opérationnel en 2008,
- les récepteurs Galileo seront compatibles avec les systèmes existants,

Galileo doit favoriser le développement d'applications urbaines spécifiques :



# La localisation par GPS en milieu urbain

Le **guidage d'un véhicule** requiert une localisation dont la résolution  $< 0,5\text{m}$ .

# La localisation par GPS en milieu urbain

Le **guidage d'un véhicule** requiert une localisation dont la résolution  $< 0,5\text{m}$ .

Les systèmes existants sont actuellement incapables de fournir une telle précision **de manière continue** :

# La localisation par GPS en milieu urbain

Le **guidage d'un véhicule** requiert une localisation dont la résolution  $< 0,5\text{m}$ .

Les systèmes existants sont actuellement incapables de fournir une telle précision **de manière continue** :

- la qualité de réception des signaux émis dépend du degré d'urbanisation et de la configuration de la constellation de satellites,

# La localisation par GPS en milieu urbain

Le **guidage d'un véhicule** requiert une localisation dont la résolution  $< 0,5\text{m}$ .

Les systèmes existants sont actuellement incapables de fournir une telle précision **de manière continue** :

- la qualité de réception des signaux émis dépend du degré d'urbanisation et de la configuration de la constellation de satellites,
- les phénomènes de diffractions et réflexions des signaux corrompent le processus d'estimation.

# La localisation par GPS en milieu urbain

Le **guidage d'un véhicule** requiert une localisation dont la résolution  $< 0,5\text{m}$ .

Les systèmes existants sont actuellement incapables de fournir une telle précision **de manière continue** :

- la qualité de réception des signaux émis dépend du degré d'urbanisation et de la configuration de la constellation de satellites,
- les phénomènes de diffractions et réflexions des signaux corrompent le processus d'estimation.

⇒ un système de type GPS nécessite un couplage avec une méthode de localisation à l'estime.

# La vision embarquée

Le développement de l'emploi des caméras en robotique se justifie par :

- le faible coût,
- la richesse de l'information fournie.

# La vision embarquée

Le développement de l'emploi des caméras en robotique se justifie par :

- le faible coût,
- la richesse de l'information fournie.

**MAIS** l'extraction de données pertinentes nécessite :

- des hypothèses sur le modèle de l'environnement,
- des connaissances sur la mission à effectuer.

# La vision embarquée (2)

Les principaux champs d'application dans le domaine automobile sont :

# La vision embarquée (2)

Les principaux champs d'application dans le domaine automobile sont :

- le contrôle latéral du véhicule sur sa voie,



# La vision embarquée (2)

Les principaux champs d'application dans le domaine automobile sont :

- le contrôle latéral du véhicule sur sa voie,
- la détection et la caractérisation d'obstacles.



# La vision embarquée (2)

Les principaux champs d'application dans le domaine automobile sont :

- le contrôle latéral du véhicule sur sa voie,
- la détection et la caractérisation d'obstacles.



La vision équipera nos futurs véhicules, pourquoi ne pas l'utiliser pour les localiser ?

# La vision embarquée en milieu urbain

La vision est alors couplée à un **Système d'Information Géographique (SIG)**.

# La vision embarquée en milieu urbain

La vision est alors couplée à un **Système d'Information Géographique** (SIG).

3 approches se distinguent :

- l'emploi d'une base d'images collectées au préalable et référencées dans le SIG ([Katsura,2003], [Georgiev,2004], [Royer,2004]),

# La vision embarquée en milieu urbain

La vision est alors couplée à un **Système d'Information Géographique** (SIG).

3 approches se distinguent :

- l'emploi d'une base d'images collectées au préalable et référencées dans le SIG ([Katsura,2003], [Georgiev,2004], [Royer,2004]),
- le recalage sur des amers dont les positions sont connues dans le SIG ([Chen,1999], [Kais,2004]),

# La vision embarquée en milieu urbain

La vision est alors couplée à un **Système d'Information Géographique** (SIG).

3 approches se distinguent :

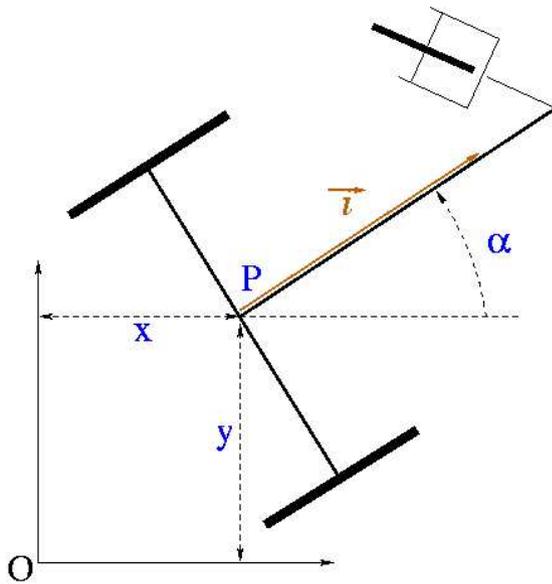
- l'emploi d'une base d'images collectées au préalable et référencées dans le SIG ([Katsura,2003], [Georgiev,2004], [Royer,2004]),
- le recalage sur des amers dont les positions sont connues dans le SIG ([Chen,1999], [Kais,2004]),
- une localisation à l'estime en supposant pouvoir suivre des primitives coplanaires ([Simond,2003],[Simond,2004]).

# Plan

1. Les méthodes de localisation en milieu urbain
2. La localisation à l'estime
3. Notre approche
4. Conclusion

# Les méthodes de localisation à l'estime

**Principe :** intégration des déplacements élémentaires estimés entre  $(t)$  et  $(t + \delta t)$



$$\begin{cases} x(k+1) = x(k) + v\delta t \cos\left(\alpha + \frac{\dot{\alpha}\delta t}{2}\right) \\ y(k+1) = y(k) + v\delta t \sin\left(\alpha + \frac{\dot{\alpha}\delta t}{2}\right) \\ \alpha(k+1) = \alpha(k) + \dot{\alpha}\delta t \end{cases}$$

avec  $(v, \dot{\alpha})$  les vitesses en translation et rotation du mobile.

# Les méthodes de localisation à l'estime

**Principe** : intégration des déplacements élémentaires estimés entre  $(t)$  et  $(t + \delta t)$

**Limitation** : ce sont des méthodes à **dérive**, c.à.d que l'erreur d'estimation est intégrée au cours du déplacement.

# Les méthodes de localisation à l'estime

**Principe** : intégration des déplacements élémentaires estimés entre  $(t)$  et  $(t + \delta t)$

**Limitation** : ce sont des méthodes à **dérive**, c.à.d que l'erreur d'estimation est intégrée au cours du déplacement.

**Approche classique** : utilisation des capteurs internes au véhicule (ABS, gyromètre) pour estimer le déplacement élémentaire  
⇒ importante erreur de modèle et bruit de mesures

# Les méthodes de localisation à l'estime

**Principe** : intégration des déplacements élémentaires estimés entre  $(t)$  et  $(t + \delta t)$

**Limitation** : ce sont des méthodes à **dérive**, c.à.d que l'erreur d'estimation est intégrée au cours du déplacement.

**Approche classique** : utilisation des capteurs internes au véhicule (ABS, gyromètre) pour estimer le déplacement élémentaire  
⇒ importante erreur de modèle et bruit de mesures

**Une alternative** : utiliser la vision pour estimer le déplacement réel du véhicule par rapport à l'environnement.

# Localisation à l'estime et vision

L'environnement urbain est formé de structures souvent planes qui gênent la réception des signaux GPS.



# Localisation à l'estime et vision

L'environnement urbain est formé de structures souvent planes qui gênent la réception des signaux GPS.



⇒ l'environnement urbain peut être modélisé par un couloir dont chaque surface texturée autorise une localisation à l'estime par un système de vision.

# Localisation à l'estime et vision

L'environnement urbain est formé de structures souvent planes qui gênent la réception des signaux GPS.



⇒ l'environnement urbain peut être modélisé par un couloir dont chaque surface texturée autorise une localisation à l'estime par un système de vision.

⇒ les scènes urbaines doivent être segmentées.

# L'homographie

Les primitives extraites sur le plan  $\pi$  ont des projections dans les 2 images liées par l'homographie planaire  $H_\pi$  :

$$\forall k \in [1, 2],$$

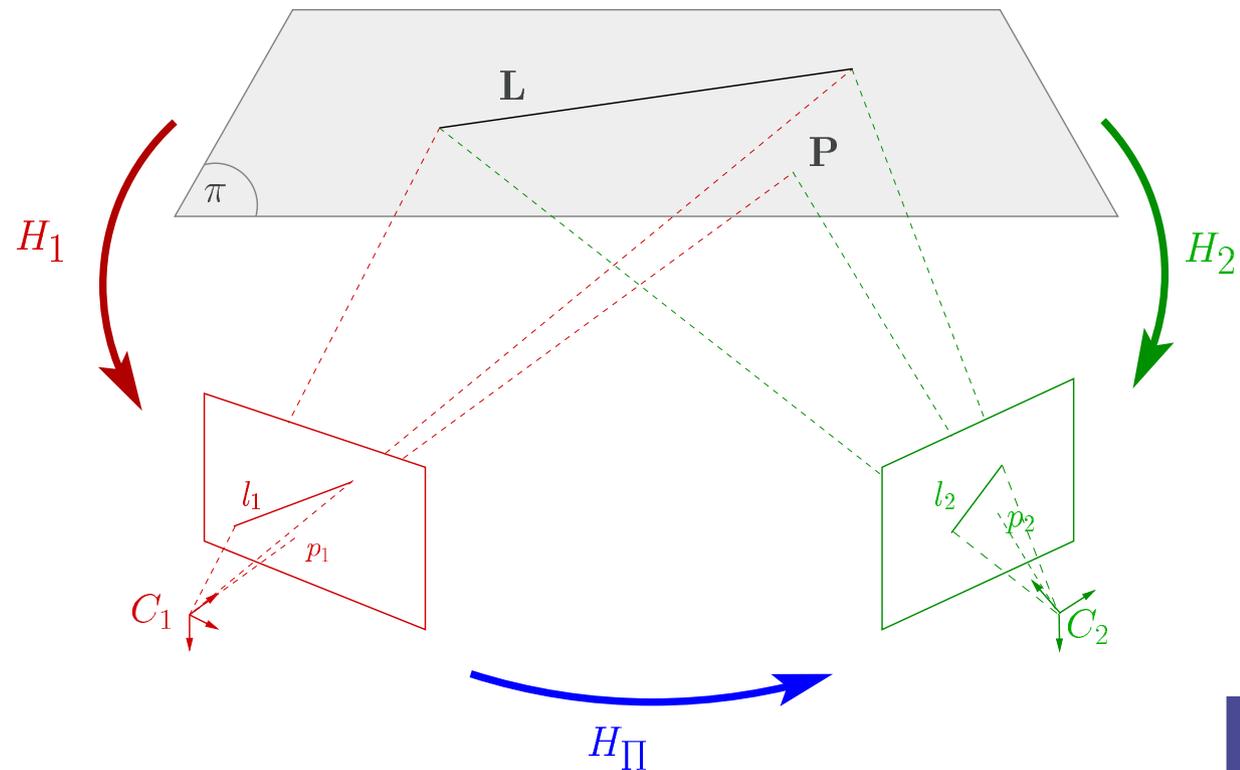
$$\left| \begin{array}{l} l_k \propto H_k^{-t} \cdot L \\ p_k \propto H_k \cdot P \end{array} \right.$$

alors

$$\left| \begin{array}{l} l_2 \propto H_\pi^{-t} \cdot l_1 \\ p_2 \propto H_\pi \cdot p_1 \end{array} \right.$$

avec

$$H_\pi = H_2 H_1^{-1}$$



# L'homographie (2)

Soit  $(R_{21}, \mathbf{t}_{21})$  la transformation entre  $C_1$  et  $C_2$  :

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_2 &= R_{21} \mathbf{P}_1 + \mathbf{t}_{21} \\ Z_2 \mathbf{p}_2 &= R_{21} Z_1 \mathbf{p}_1 + \mathbf{t}_{21} \end{aligned}$$

sachant que  $\forall \mathbf{p} \in \pi$ ,

$$\frac{1}{Z} = \frac{\mathbf{n}^\top \mathbf{p}}{d}$$

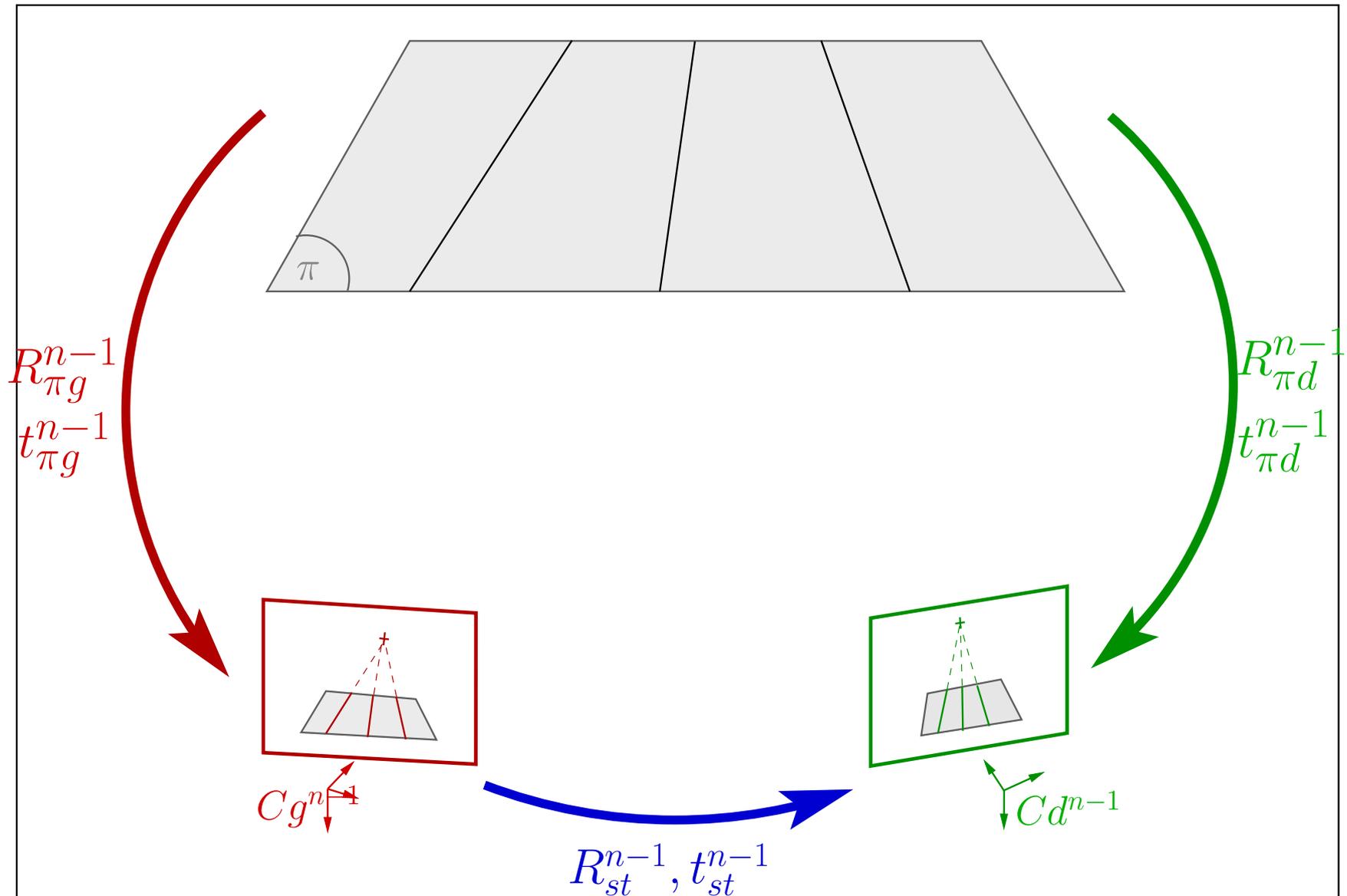
$$\begin{aligned} \frac{Z_2}{Z_1} \mathbf{p}_2 &= R_{21} \mathbf{p}_1 + \mathbf{t}_{21} \cdot \frac{\mathbf{n}^\top \mathbf{p}_1}{d} \\ \mathbf{p}_2 &\propto H_{21} \mathbf{p}_1 \end{aligned}$$

$$H_{21} = R_{21} + \mathbf{t}_{21} \frac{\mathbf{n}^\top}{d}$$

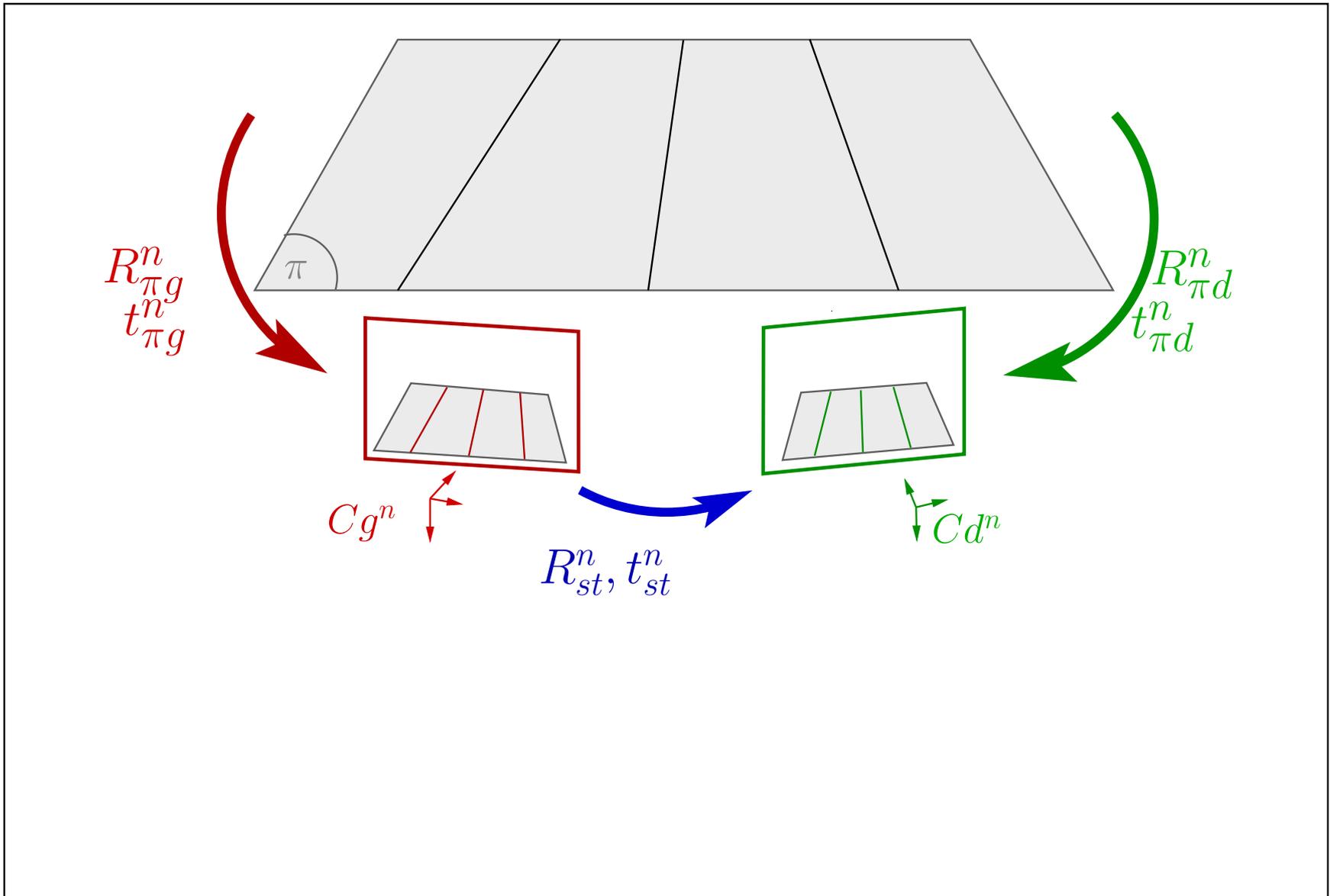
$H_{21}$  contient les informations sur le déplacement  $(R_{21}, \mathbf{t}_{21})$  entre les deux prises de vues et la normale  $\mathbf{n}$  du plan  $\pi$

$H_{21}$  dépend de 8 paramètres, 4 couples de primitives, non-liées entre elles, suffisent à sa définition.

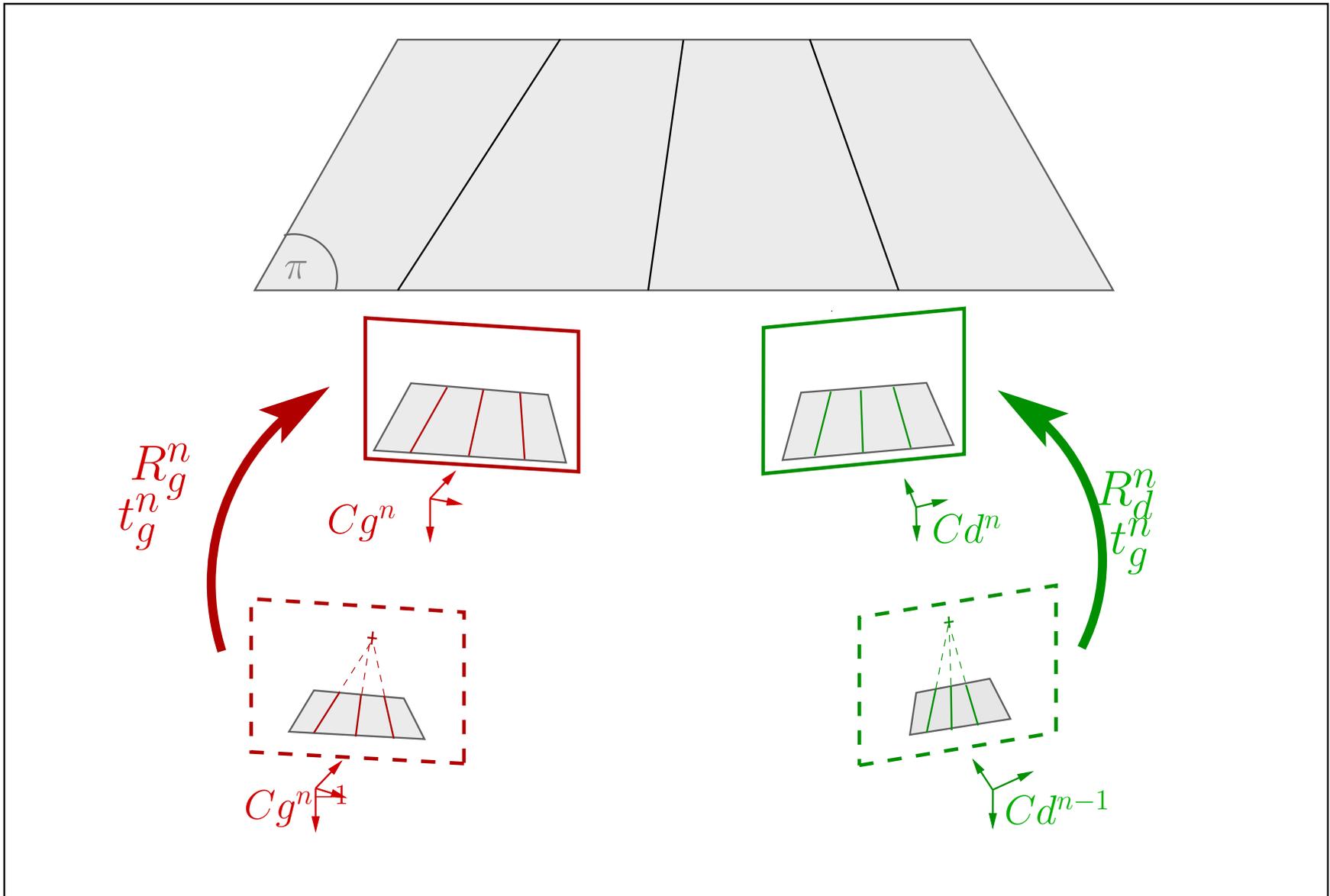
# Localisation à l'estime d'un banc stéréo



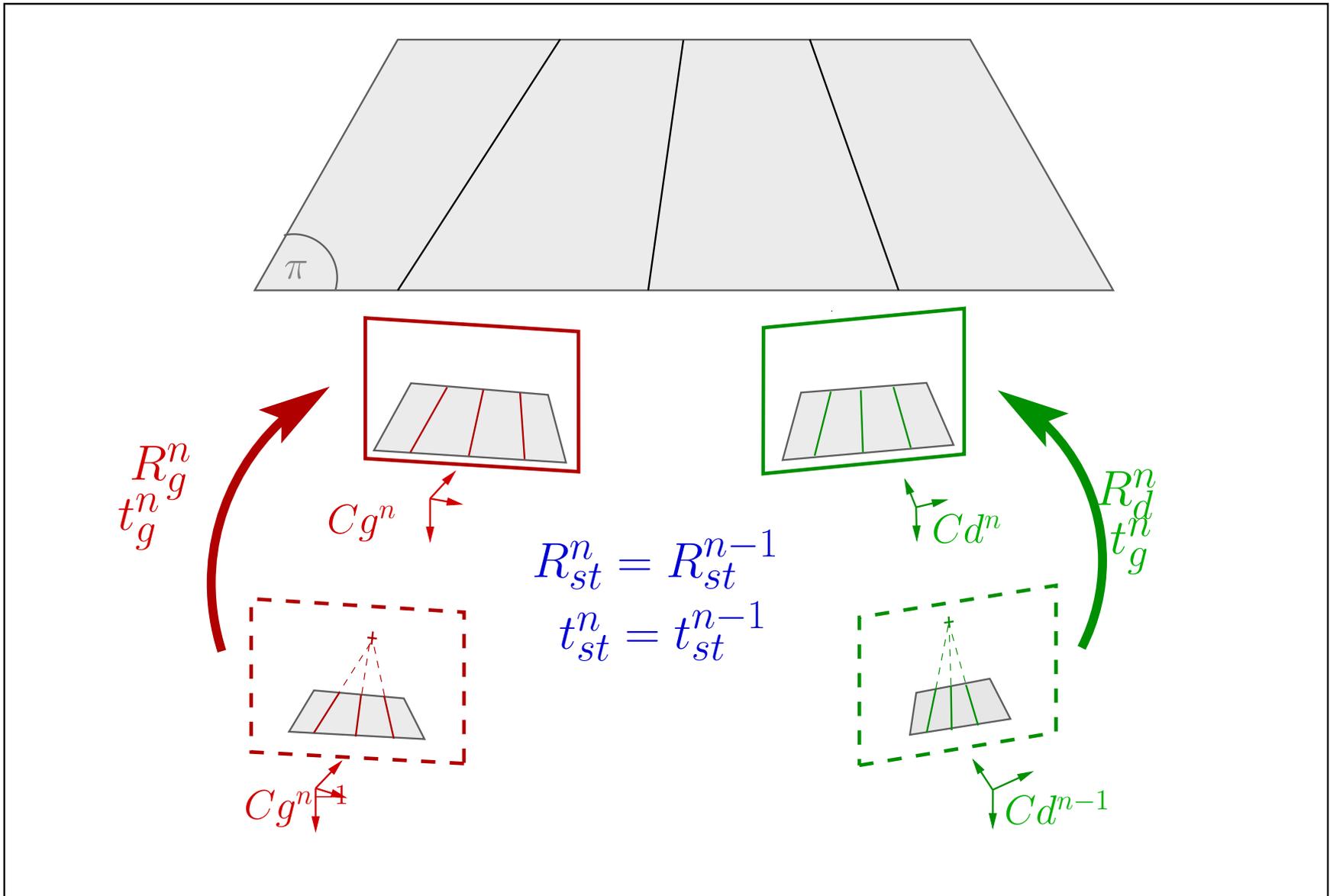
# Localisation à l'estime d'un banc stéréo



# Localisation à l'estime d'un banc stéréo



# Localisation à l'estime d'un banc stéréo



# Plan

1. Les méthodes de localisation en milieu urbain
2. La localisation à l'estime
3. Notre approche
4. Conclusion

# Notre approche

Les opérations nécessaires à une localisation à l'estime d'un banc stéréo sont :

- la segmentation des plans principaux de la scène (route, façades),

# Notre approche

Les opérations nécessaires à une localisation à l'estime d'un banc stéréo sont :

- la segmentation des plans principaux de la scène (route, façades),
- l'estimation du déplacement du véhicule,

Les opérations nécessaires à une localisation à l'estime d'un banc stéréo sont :

- la segmentation des plans principaux de la scène (route, façades),
- l'estimation du déplacement du véhicule,
- le recalage de la localisation à l'estime avec un système de géo-référencement.

# Hypothèses

## Hypothèses simplificatrices

- route localement plane à bords parallèles,
- environnement structuré,
- acquisition à cadence vidéo (25 images/s),
- vitesse réglementaire en milieu urbain ( $<15\text{m/s}$ ).

# Hypothèses

## Hypothèses simplificatrices

- route localement plane à bords parallèles,
- environnement structuré,
- acquisition à cadence vidéo (25 images/s),
- vitesse réglementaire en milieu urbain ( $<15\text{m/s}$ ).

=> peu de variations des positions des primitives (points, droites) entre 2 images.

# Hypothèses

## Hypothèses simplificatrices

- route localement plane à bords parallèles,
- environnement structuré,
- acquisition à cadence vidéo (25 images/s),
- vitesse réglementaire en milieu urbain ( $<15\text{m/s}$ ).

=> peu de variations des positions des primitives (points, droites) entre 2 images.

## Difficultés intrinsèques au milieu urbain

- les scènes sont complexes et dynamiques,
- la présence de courbes, d'occlusions, d'ombres portées, les variations de luminosité ...

# Hypothèses

## Hypothèses simplificatrices

- route localement plane à bords parallèles,
- environnement structuré,
- acquisition à cadence vidéo (25 images/s),
- vitesse réglementaire en milieu urbain ( $<15\text{m/s}$ ).

=> peu de variations des positions des primitives (points, droites) entre 2 images.

## Difficultés intrinsèques au milieu urbain

- les scènes sont complexes et dynamiques,
- la présence de courbes, d'occlusions, d'ombres portées, les variations de luminosité ...

=> nécessité d'une méthode d'estimation et de suivi robuste.

La méthode se décompose en 4 parties :

1. la segmentation des régions d'intérêt dans les images gauche et droite,
2. l'extraction des primitives coplanaires,
3. le suivi des primitives coplanaires,
4. l'estimation du déplacement du banc stéréo.

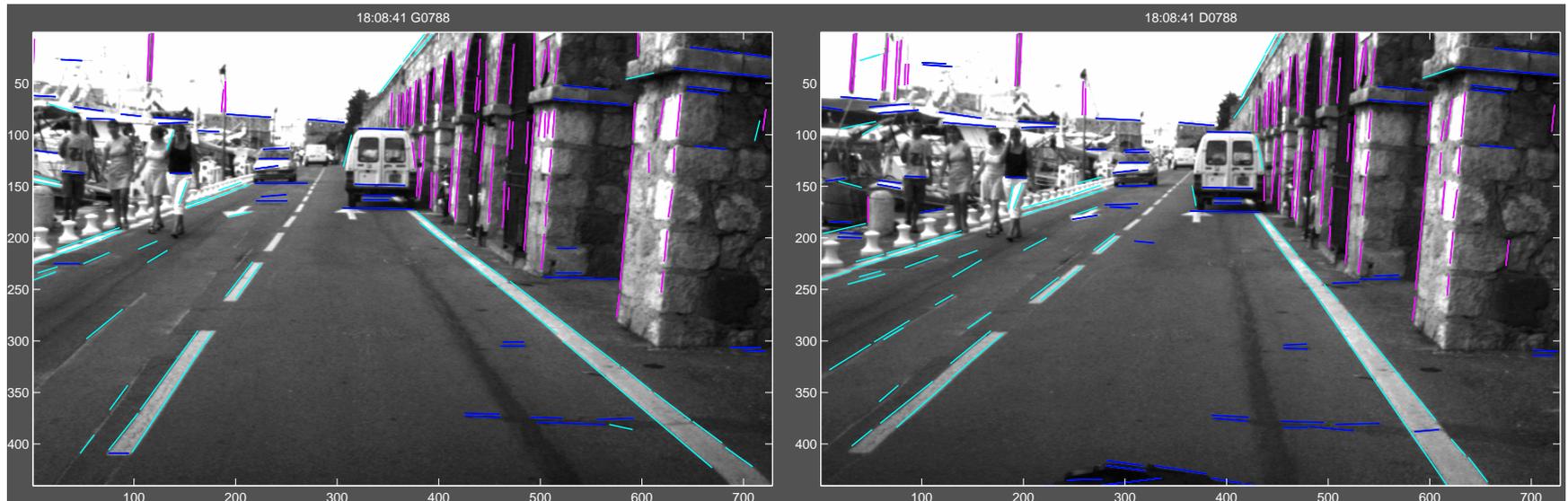
La méthode se décompose en 4 parties :

1. la segmentation des régions d'intérêt dans les images gauche et droite :
  - les lignes de fuite (VLs),
  - le point de fuite dominant (DVP).
2. l'extraction des primitives coplanaires,
3. le suivi des primitives coplanaires,
4. l'estimation du déplacement du banc stéréo.

# Segmentation du plan de la route

L'environnement urbain est aligné selon 3 directions privilégiées.

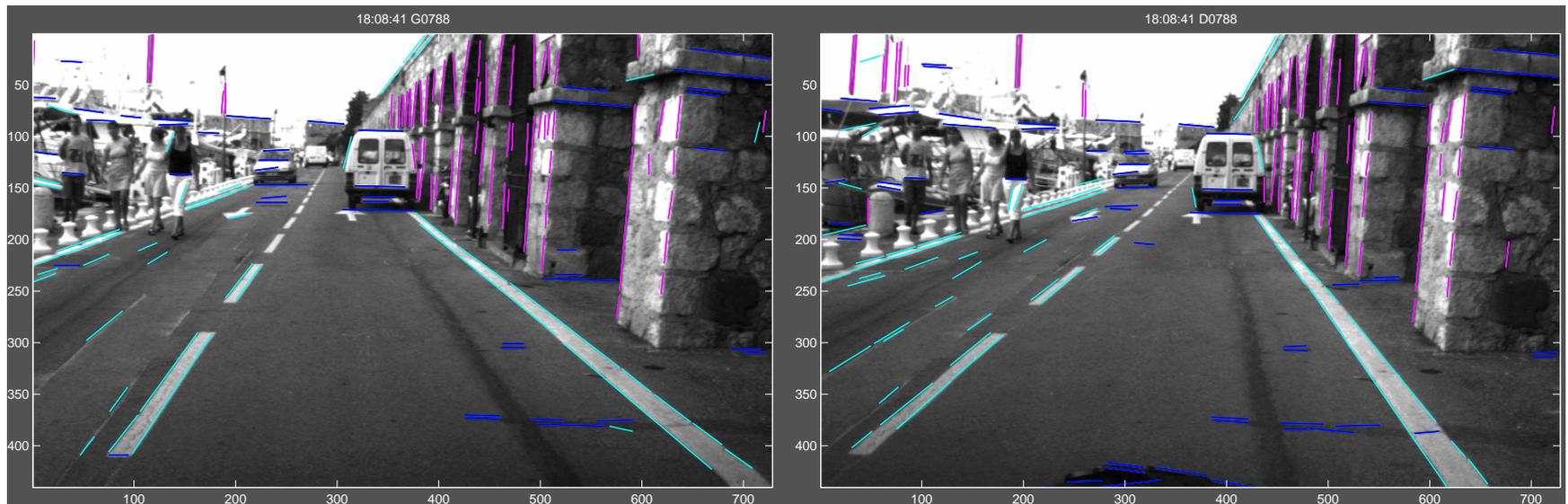
- seuls les contours orientés dans la direction de la prédiction du DVP sont conservés,
- les droites-supports regroupent les contours représentant une même arête de la scène,



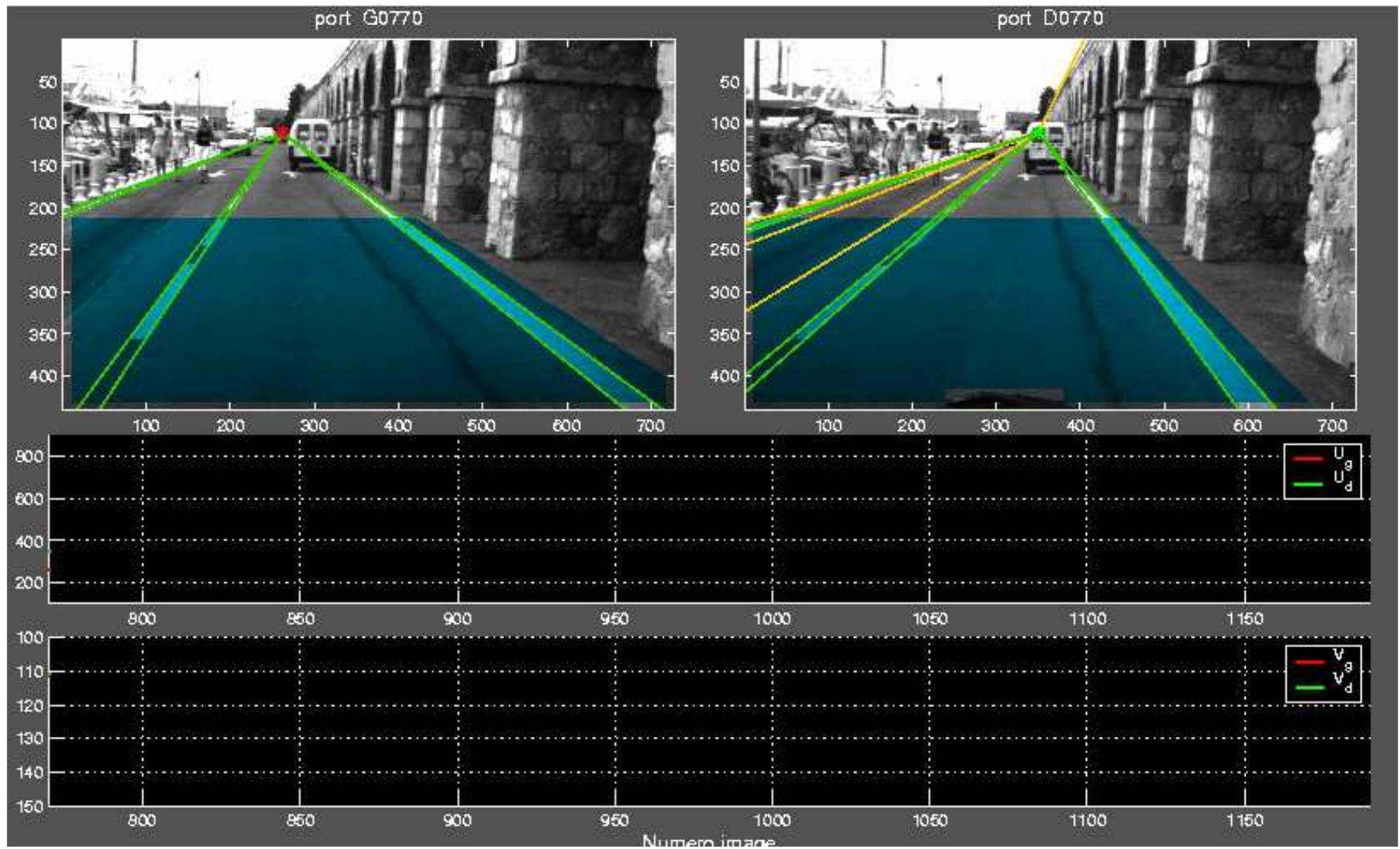
# Segmentation du plan de la route

L'environnement urbain est aligné selon 3 directions privilégiées.

- le DVP est calculé de manière itérative en minimisant le résidu de chaque droite-support,
- les coordonnées sont filtrées avec un filtre de Kalman.

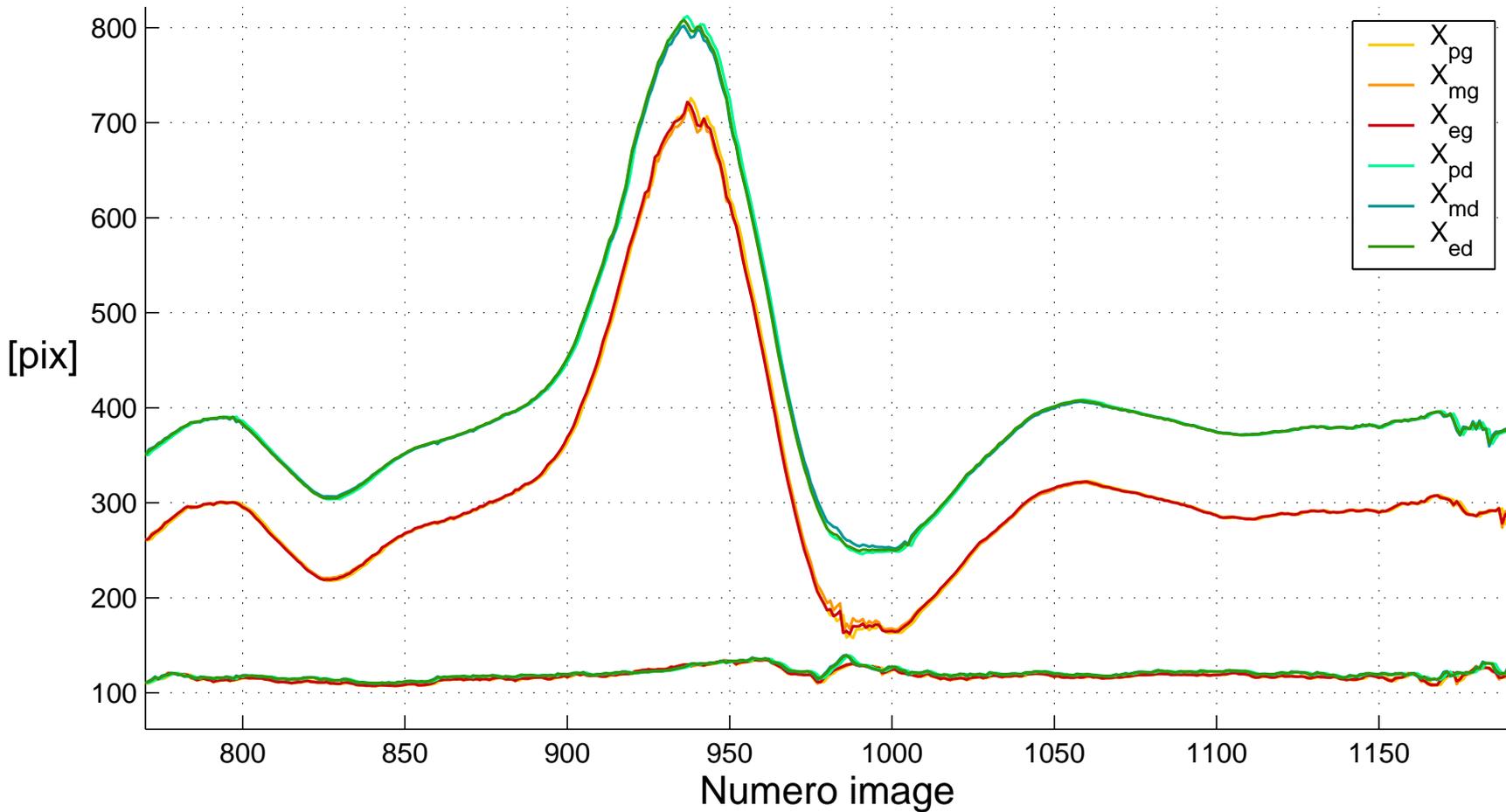


# Suivi du point de fuite dominant

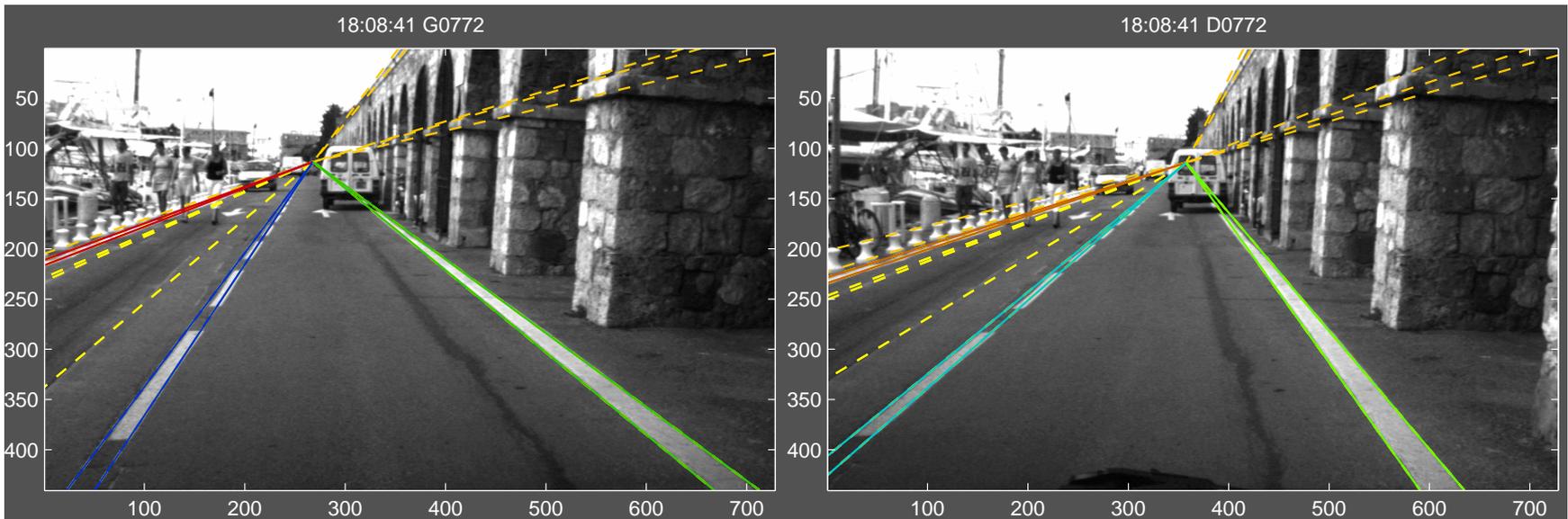


# Suivi du point de fuite dominant

Coordonnées du DVP dans les images du couple stereo

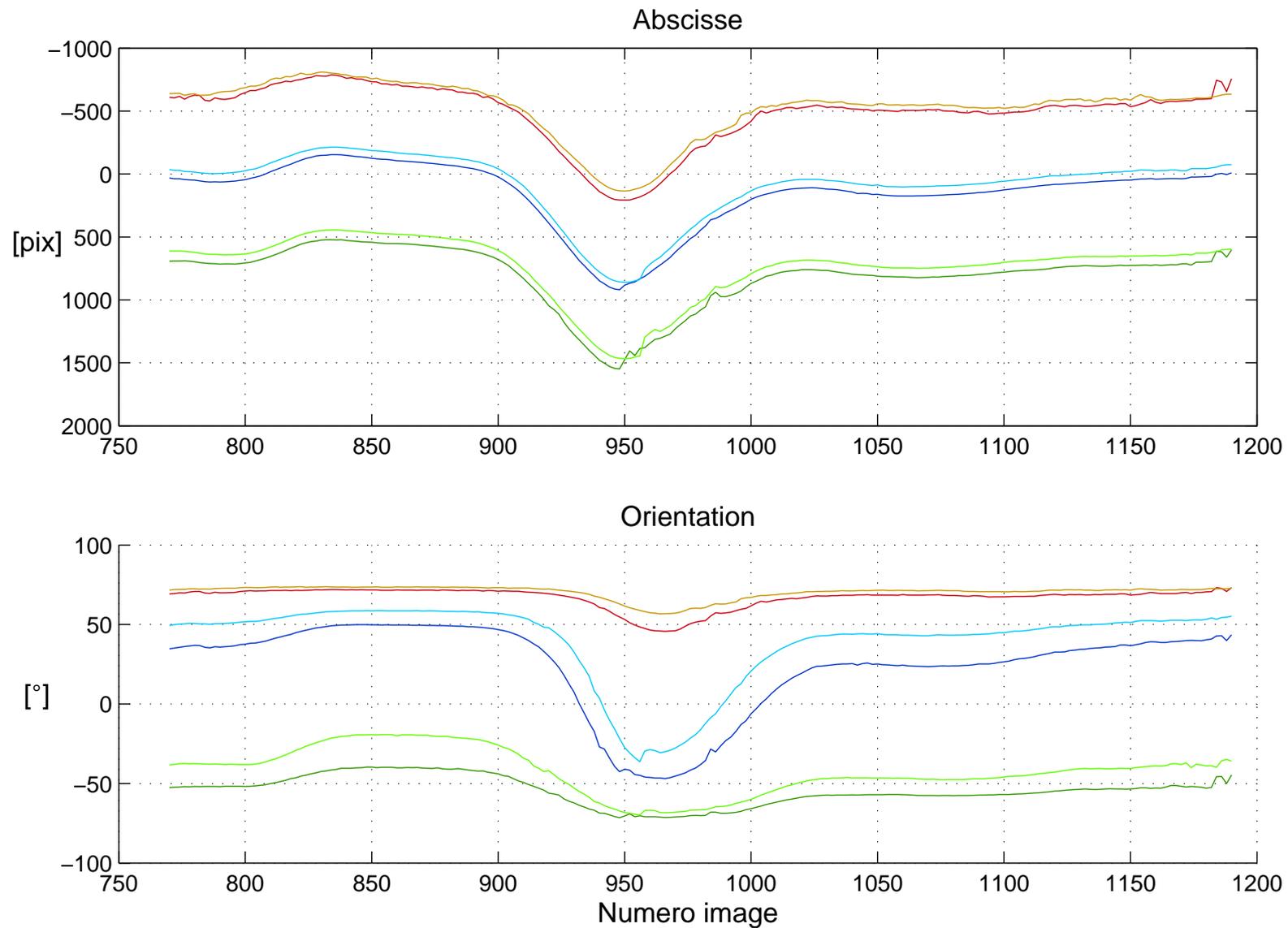


# Suivi des délimitations de la route



$$\mathbf{X}_{\text{abs}}^n{}^t = \begin{bmatrix} u_{g1}^n & u_{g2}^n & u_{g3}^n & u_{d1}^n & u_{d2}^n & u_{d3}^n \end{bmatrix}$$

# Suivi des délimitations de la route



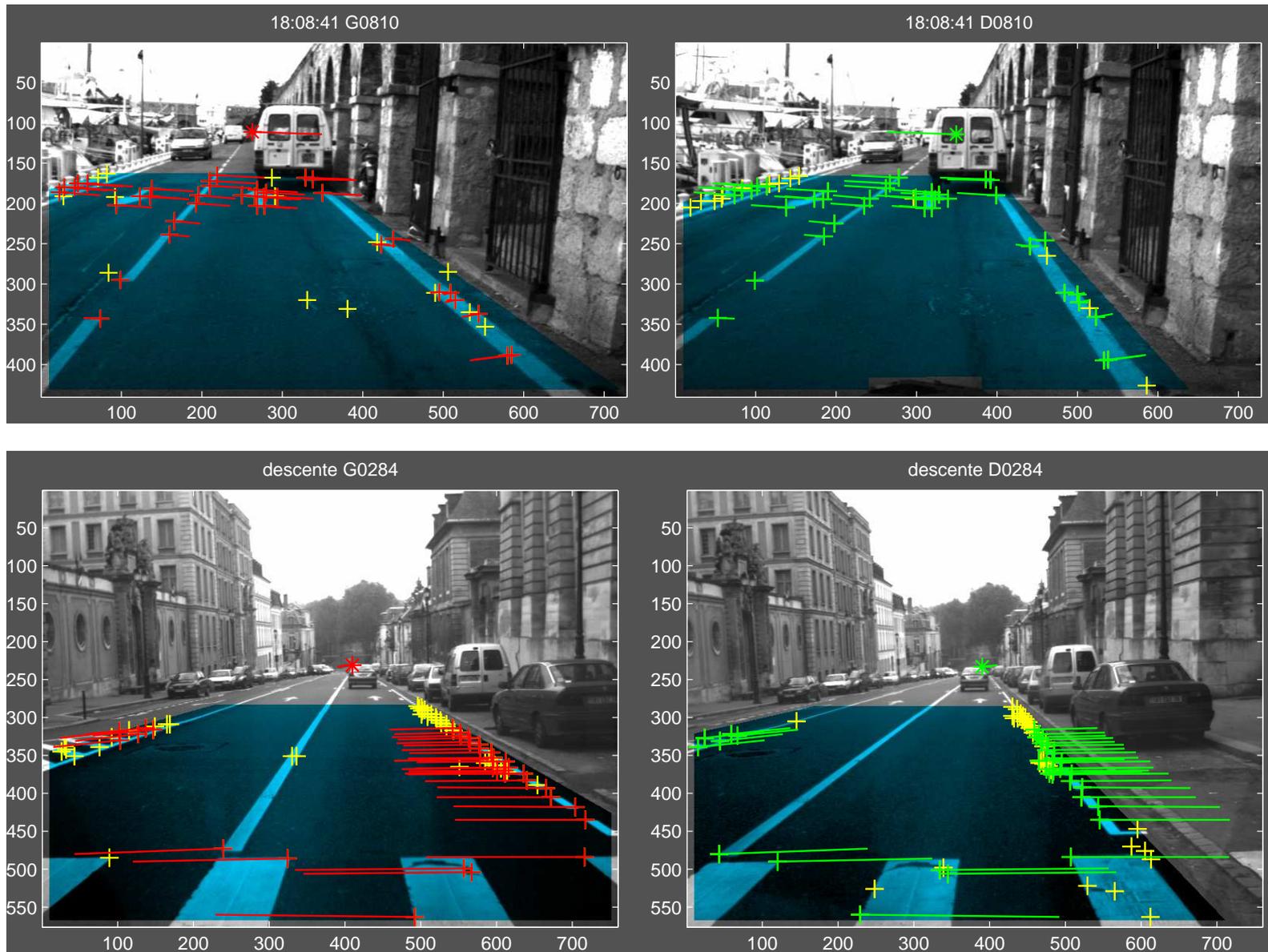
La méthode se décompose en 4 parties :

1. la segmentation des régions d'intérêt dans les images gauche et droite,
2. l'extraction des primitives coplanaires :
  - les points d'intérêt (FPs),
  - la stationnarité de l'homographie stéréo  $H_{st}$ .
3. le suivi des primitives coplanaires au long de la sequence,
4. l'estimation du déplacement du banc stéréo.

# Extraction des primitives coplanaires

- les FPs sont extraits avec un détecteur de Harris dans la région d'intérêt correspondant à la route,
- les candidats à la mise en correspondance satisfont la prédiction de l'homographie :  $\hat{H}_{st}^n = \hat{H}_{st}^{n-1}$ ,
- le calcul itératif de  $\hat{H}_{st}^n$  est réalisé à partir des couples de FPs identifiés,
- les couples qui ne satisfont pas  $\hat{H}_{st}^n$  sont considérés en dehors du plan de la route.

# Extraction des primitives coplanaires



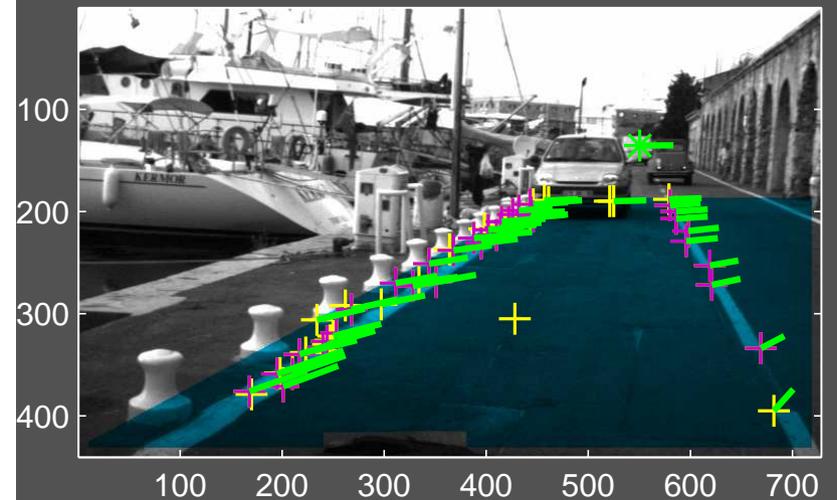
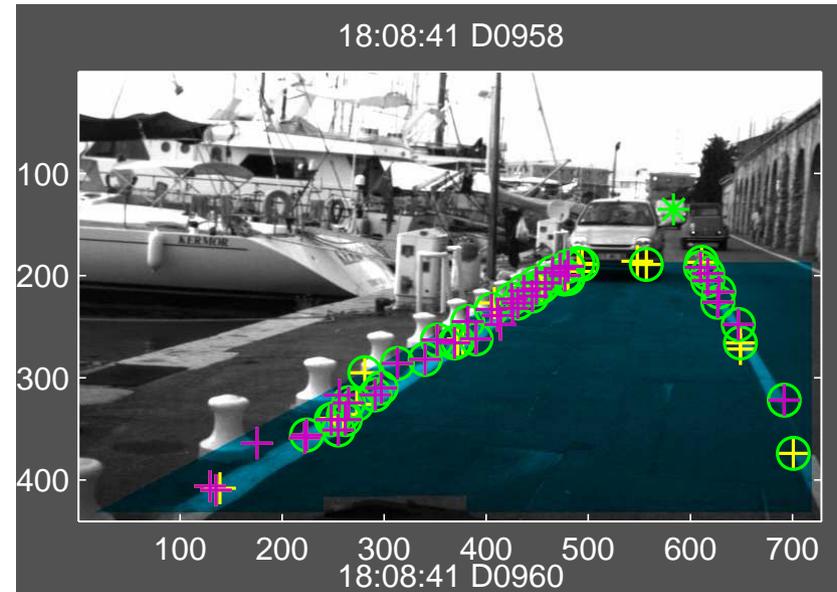
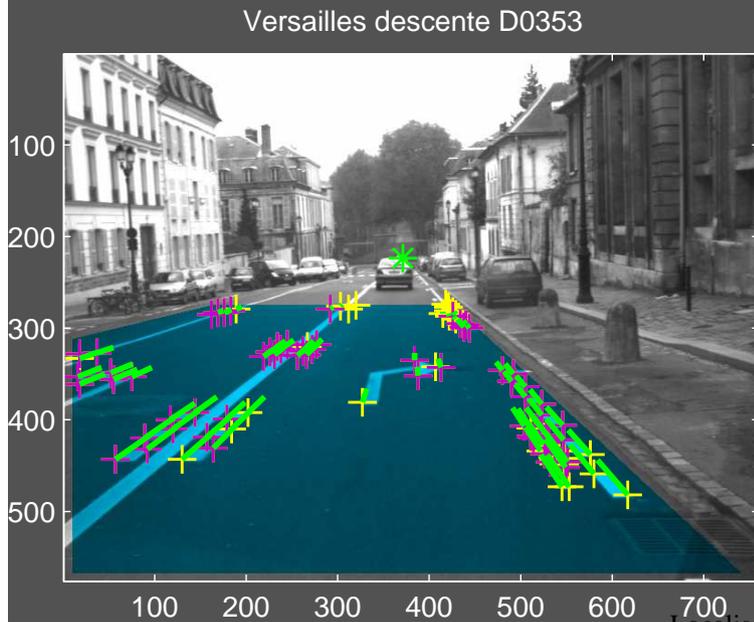
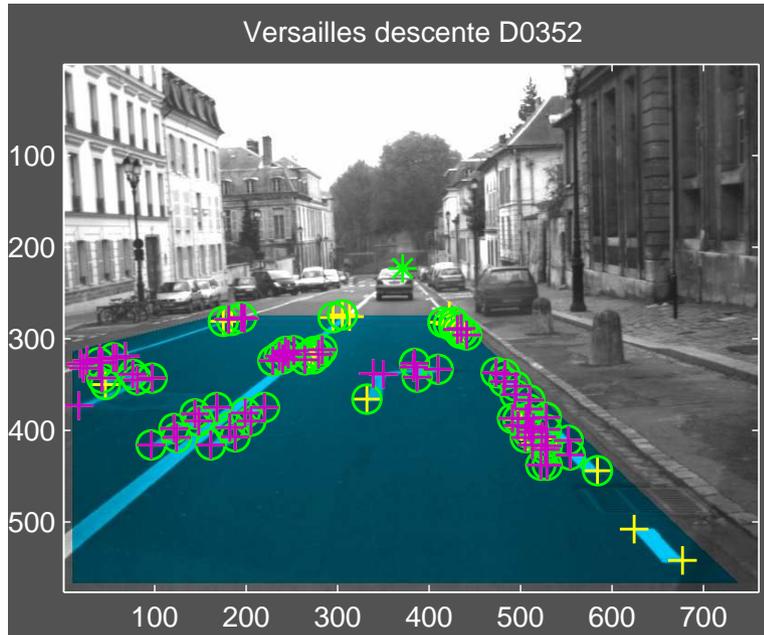
La méthode se décompose en 4 parties :

1. la segmentation des régions d'intérêt dans les images gauche et droite,
2. l'extraction des primitives coplanaires,
3. le suivi des primitives coplanaires :
  - le déplacement de la caméra est supposé faible,
  - les primitives coplanaires vérifient les homographies  $H_g^n$  et  $H_d^n$ .
4. l'estimation du déplacement du banc stéréo.

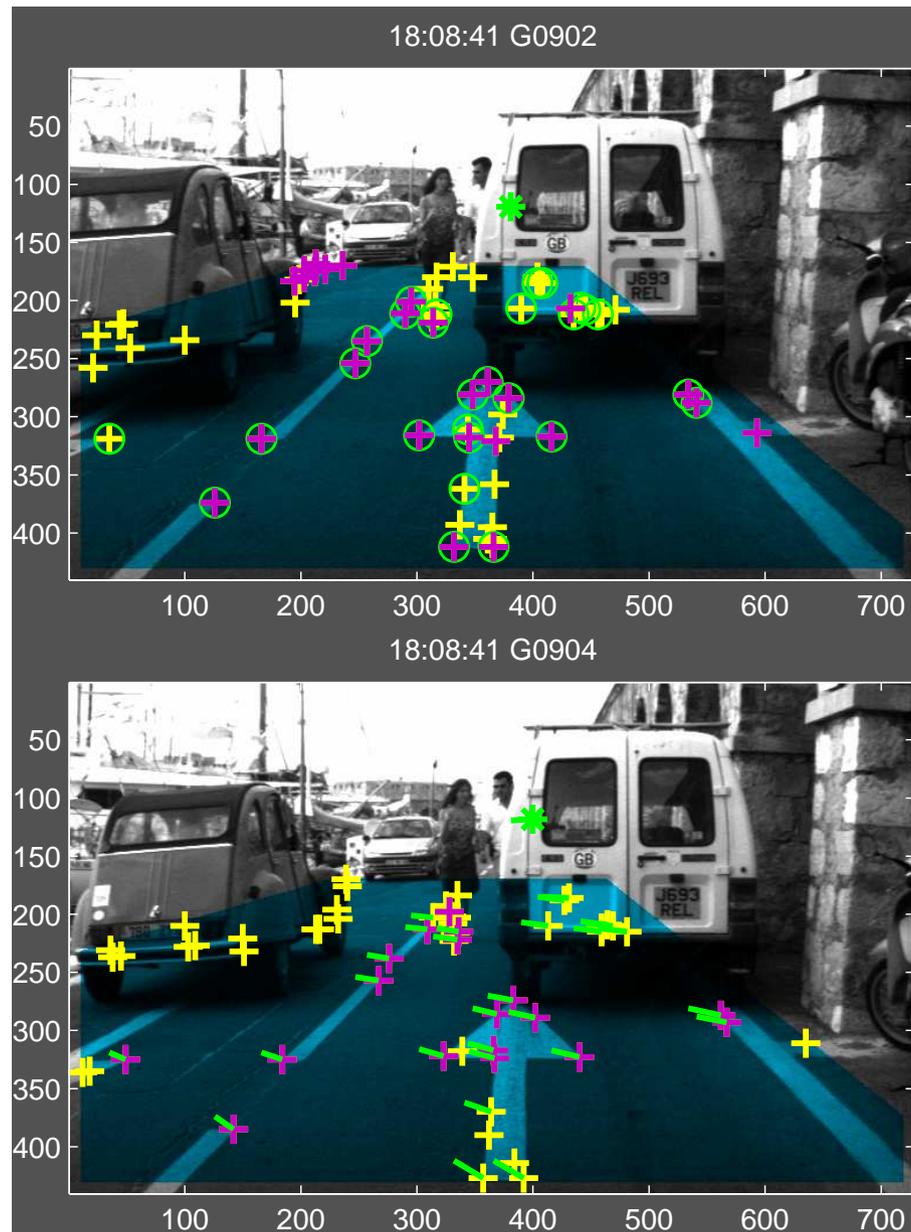
# Suivi des primitives coplanaires

- le déplacement de la caméra est inconnu,
- une prédiction grossière du mouvement apparent des FPs est disponible,
- le calcul des homographies  $H_g^n$  et  $H_d^n$  est fondé sur la même méthode que celle utilisée pour  $H_{st}^n$ .

# Suivi des primitives coplanaires



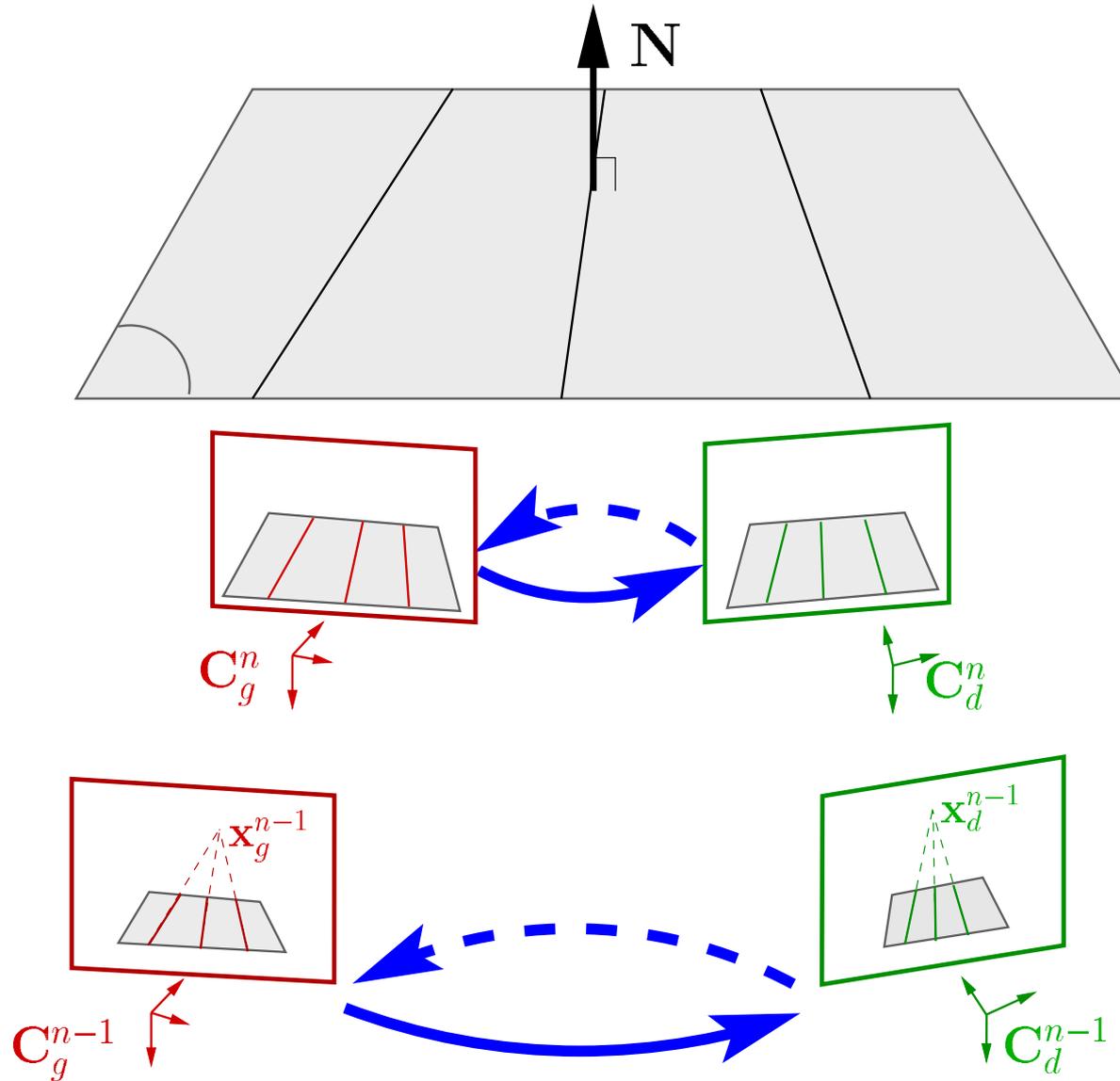
# En présence d'obstacles ?



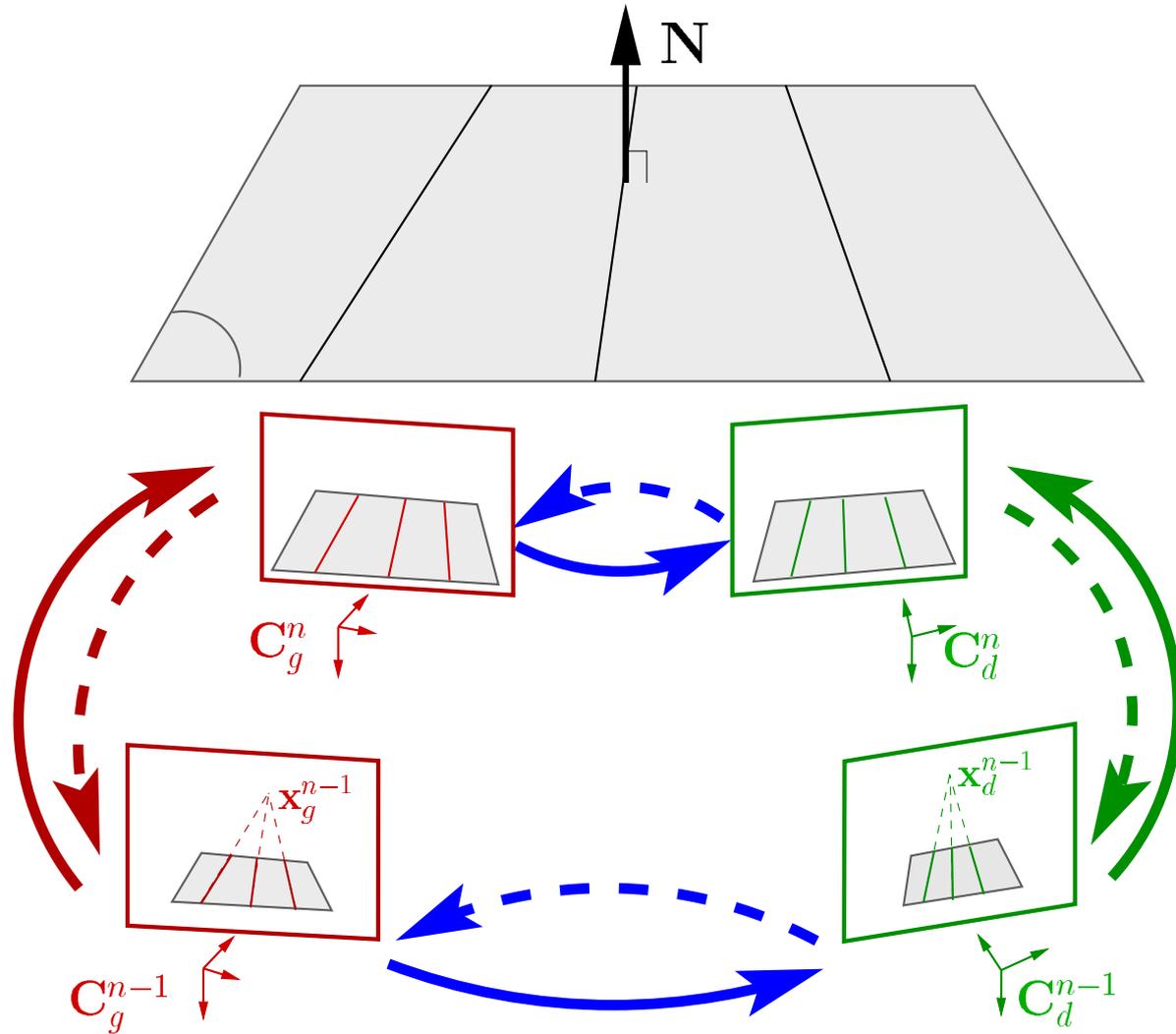
La méthode se décompose en 4 parties :

1. la segmentation des régions d'intérêt dans les images gauche et droite,
2. l'extraction des primitives coplanaires,
3. le suivi des primitives coplanaires,
4. l'estimation du déplacement du banc stéréo :
  - contraintes spatio-temporelles fournies par la prise en compte de plusieurs images,
  - amélioration des estimations des homographies par le calcul de la super-homographie.

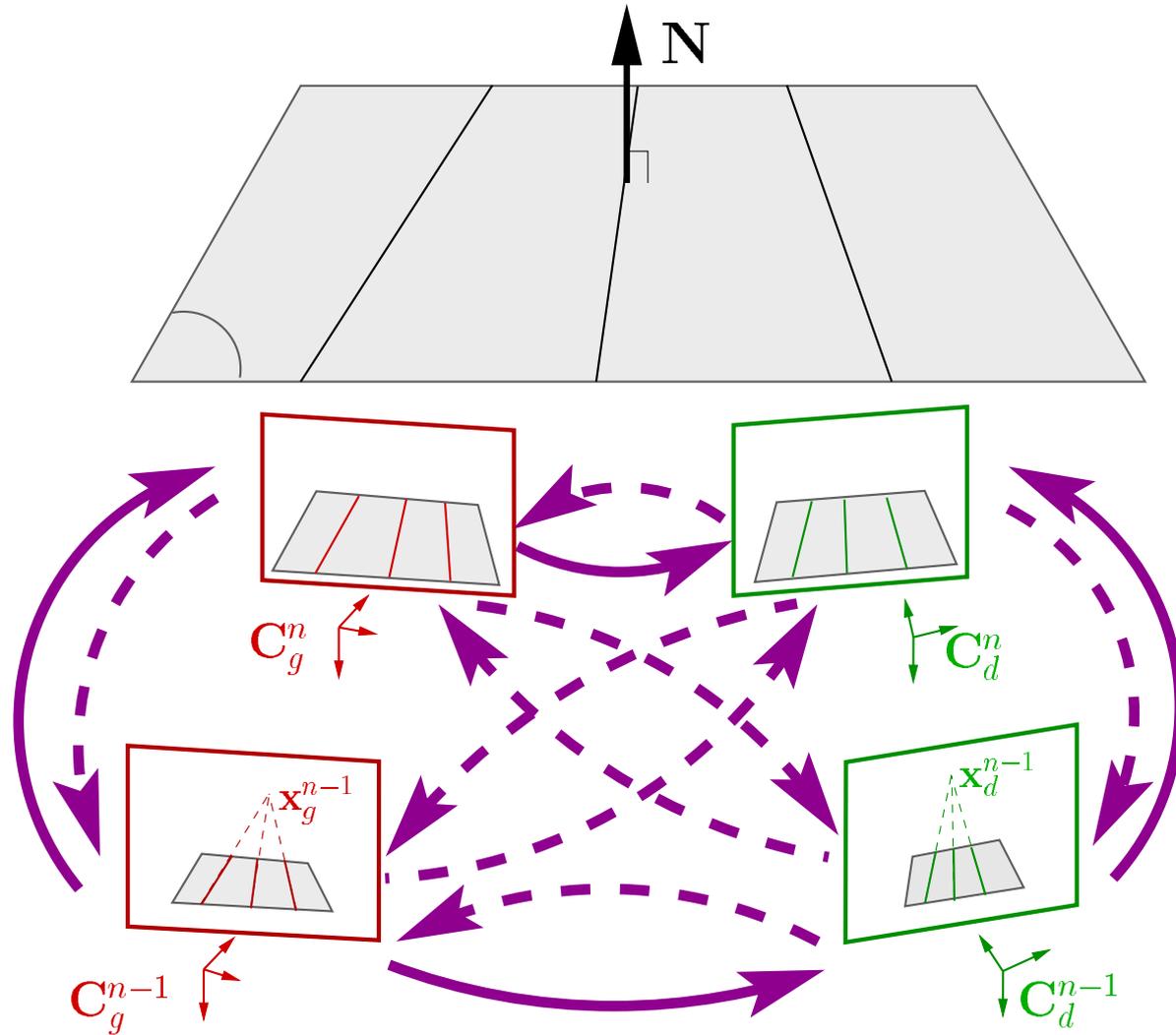
# Contraintes spatio-temporelles



# Contraintes spatio-temporelles



# Contraintes spatio-temporelles



# La super-homographie

Le concept de super-homographie [Malis and Cipolla\*] :

$$\mathcal{H} = \begin{bmatrix} I_3 & H_{12} & \cdots & \cdots & \cdots & H_{1m} \\ H_{21} & I_3 & \cdots & \cdots & \cdots & \cdots \\ H_{31} & H_{32} & \ddots & \cdots & \cdots & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ \cdots & \cdots & \cdots & \cdots & \ddots & \cdots \\ H_{m1} & H_{m2} & H_{m3} & \cdots & H_{m,m-1} & I_3 \end{bmatrix} \quad \text{et } P_k = \begin{bmatrix} p_{k1} \\ p_{k2} \\ \vdots \\ \vdots \\ p_{k(m-1)} \\ p_{km} \end{bmatrix}$$

\* “Multi-view constraints between collineations: application to self-calibration from unknown planar structures” (ECCV’00)

# La super-homographie

Le concept de super-homographie :

- la super-homographie  $\mathcal{H}$  généralise la contrainte  $H_{ac} \propto H_{ab} \cdot H_{bc}$  à  $m$  vues :

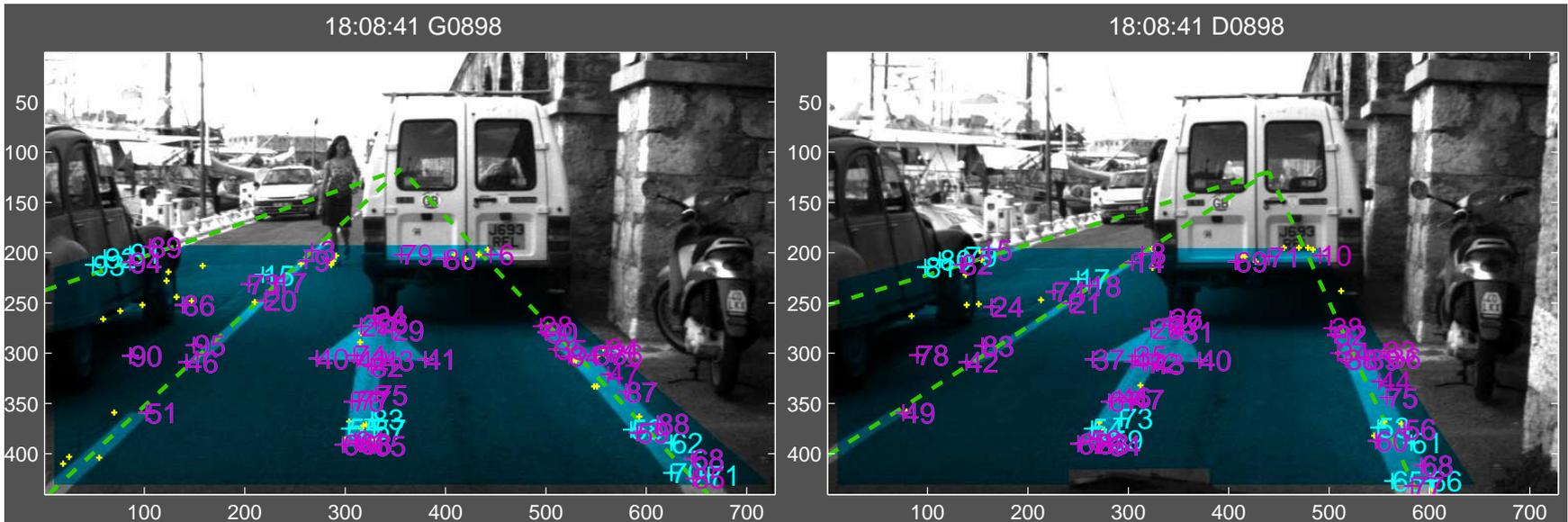
$$\text{rang}(\mathcal{H}^n) = 3 \quad \forall m \geq 3$$

- les coordonnées manquantes des super-primitives peuvent être estimées,
- en raison des bruits de mesure et des erreurs de mise en correspondance,  $\text{rang}({}^0\mathcal{H}^n) \neq 3$ .

⇒ un processus d'optimisation est nécessaire.

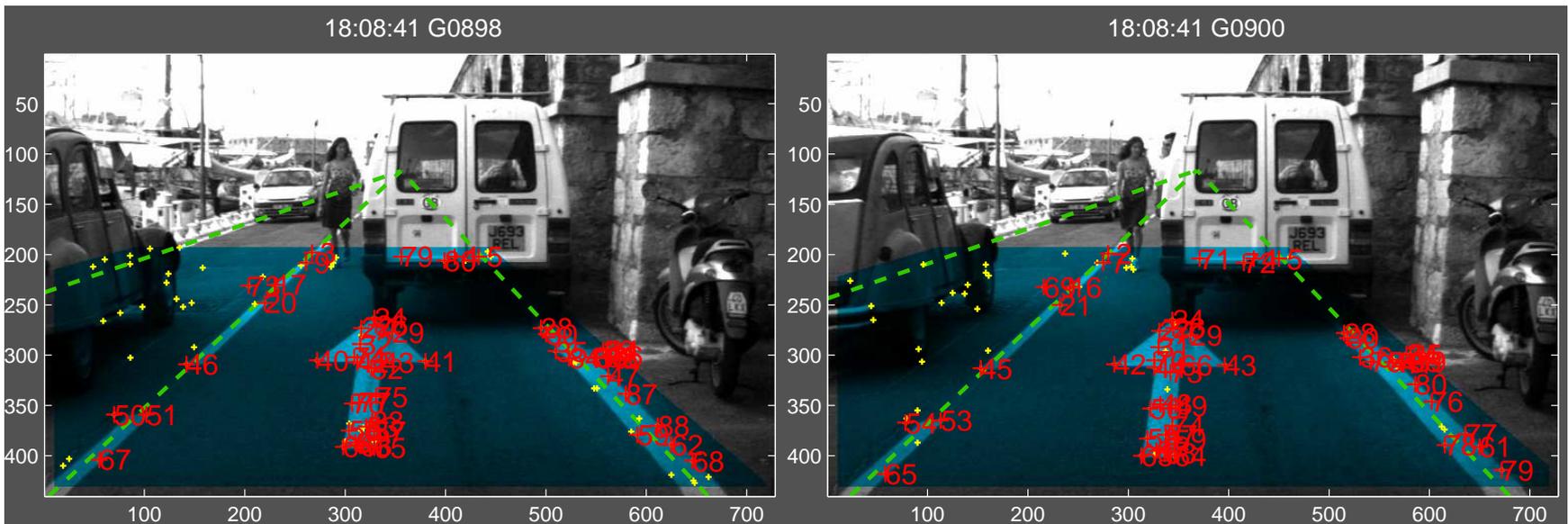
# Les super-points d'intérêt

origine	BP centrale					utilitaire			BP gauche		
$n^\circ$	154	82	214	232	271	327	328	367	354	0	0
$\mathcal{I}_g^{n-1}$	51	46	20	17	9	79	80	76	68	38	39
$\mathcal{I}_d^{n-1}$	49	42	21	18	14	69	71	10	68	0	0



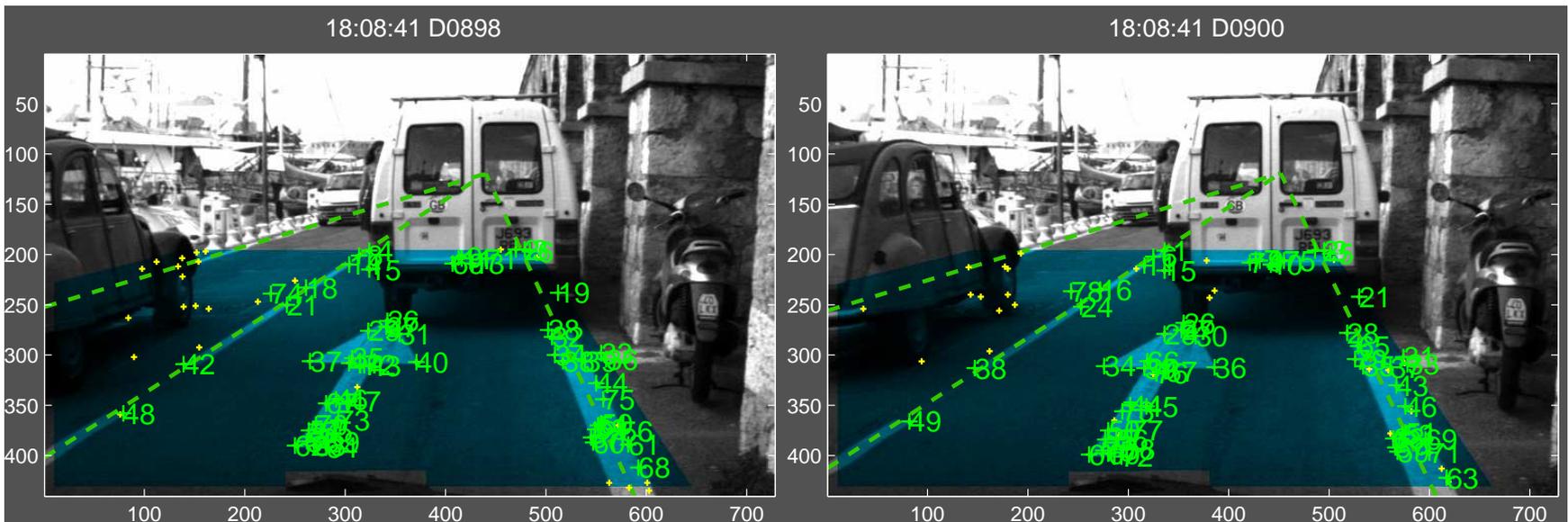
# Les super-points d'intérêt

origine	BP centrale					utilitaire			BP gauche		
$n^\circ$	154	82	214	232	271	327	328	367	354	0	0
$\mathcal{I}_g^{n-1}$	51	46	20	17	9	79	80	6	68	38	39
$\mathcal{I}_d^{n-1}$	49	42	21	18	14	69	71	10	68	0	0
$\mathcal{I}_g^n$	53	45	21	16	7	0	0	0	0	38	41



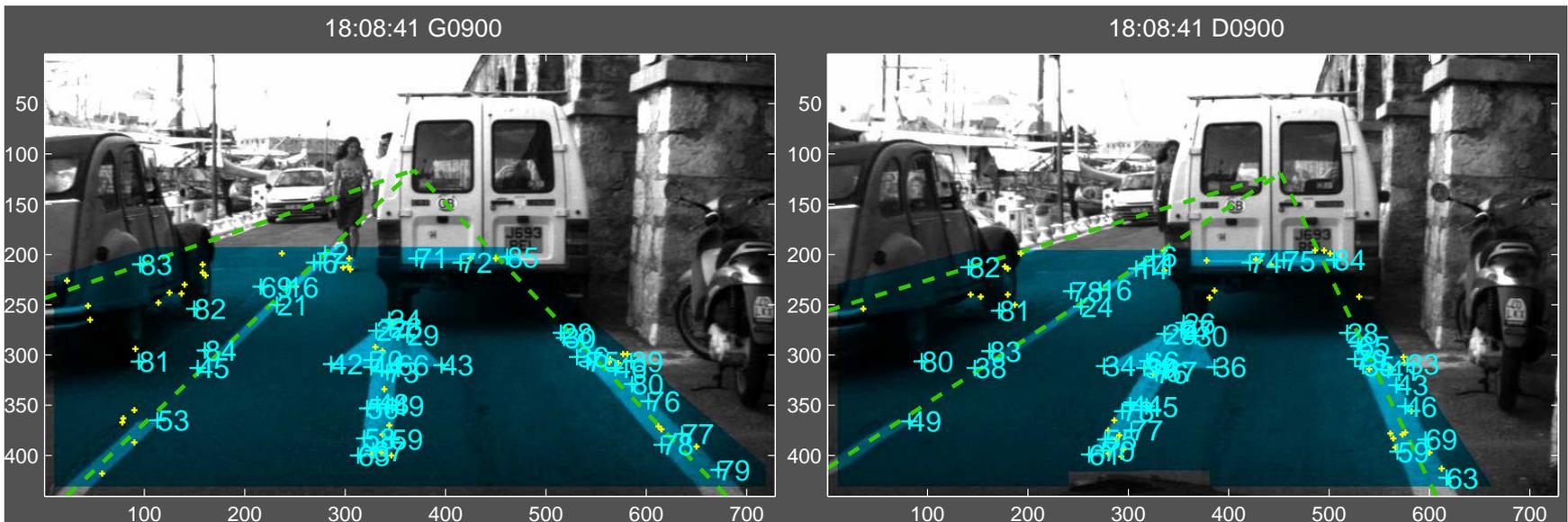
# Les super-points d'intérêt

origine	BP centrale					utilitaire			BP gauche		
$n^\circ$	154	82	214	232	271	327	328	367	354	0	0
$\mathcal{I}_g^{n-1}$	51	46	20	17	9	79	80	6	68	38	39
$\mathcal{I}_d^{n-1}$	49	42	21	18	14	69	71	10	68	0	0
$\mathcal{I}_g^n$	53	45	21	16	7	0	0	0	0	38	41
$\mathcal{I}_d^n$	0	38	24	16	11	0	0	0	63	32	37



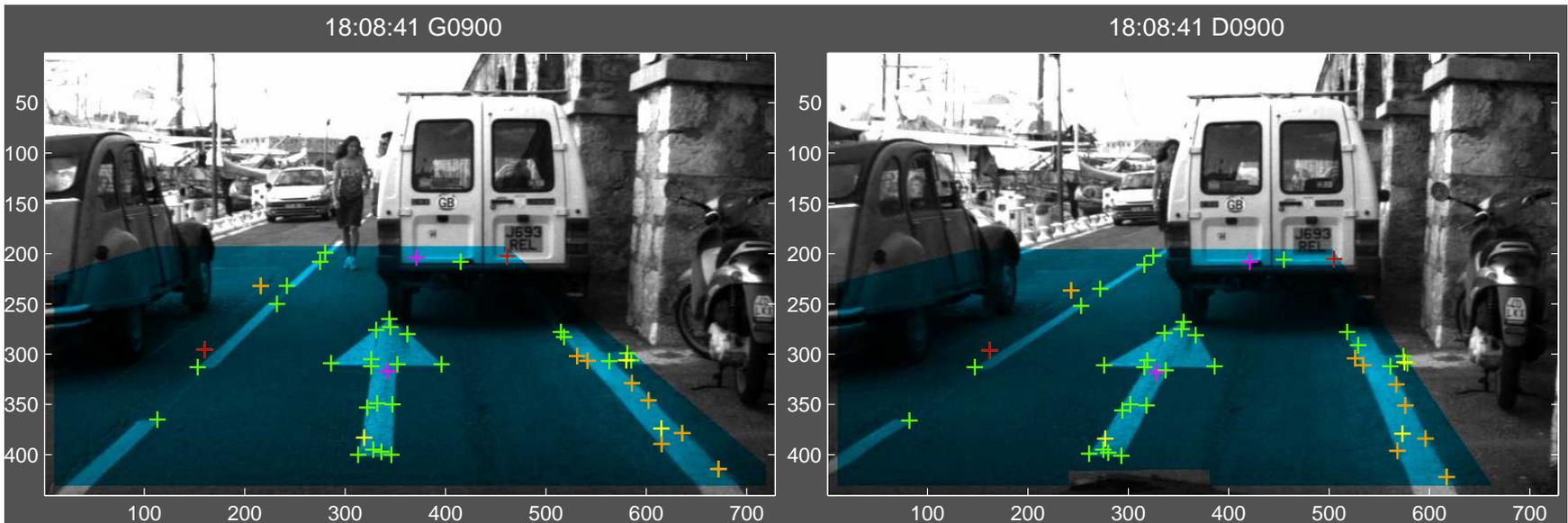
# Les super-points d'intérêt

origine	BP centrale					utilitaire			BP gauche		
$n^\circ$	154	82	214	232	271	327	328	367	354	0	0
$\mathcal{I}_g^{n-1}$	51	46	20	17	9	79	80	6	68	38	39
$\mathcal{I}_d^{n-1}$	49	42	21	18	14	69	71	10	68	0	0
$\mathcal{I}_g^n$	53	45	21	16	7	0	0	0	0	38	41
$\mathcal{I}_d^n$	0	38	24	16	11	0	0	0	63	32	37
$\mathcal{I}_d^n$	49	38	24	16	11	0	0	0	0	32	37



# Les super-points d'intérêt

origine	BP centrale					utilitaire			BP gauche		
$n^{\circ}$	154	82	214	232	271	327	328	367	354	0	0
$\mathcal{I}_g^{n-1}$	51	46	20	17	9	79	80	6	68	38	39
$\mathcal{I}_d^{n-1}$	49	42	21	18	14	69	71	10	68	0	0
$\mathcal{I}_g^n$	53	45	21	16	7	0	0	0	0	38	41
$\mathcal{I}_d^n$	0	38	24	16	11	0	0	0	63	32	37
$\mathcal{I}_d^n$	49	38	24	16	11	0	0	0	0	32	37



# Estimation de la super-homographie

Estimation de  $\mathcal{H}^n$  :

- $q=0$ ,
- initialisation des coordonnées des super-primitives  ${}^0P^n$ ,

# Estimation de la super-homographie

## Estimation de $\mathcal{H}^n$ :

- $q=0$ ,
- initialisation des coordonnées des super-primitives  ${}^0P^n$ ,
- initialisation de  ${}^0\mathcal{H}^n$  à partir de  $\mathcal{H}^{n-1}$  et  $H_{st}^n$ ,  $H_g^n$ ,  $H_d^n$ ,

# Estimation de la super-homographie

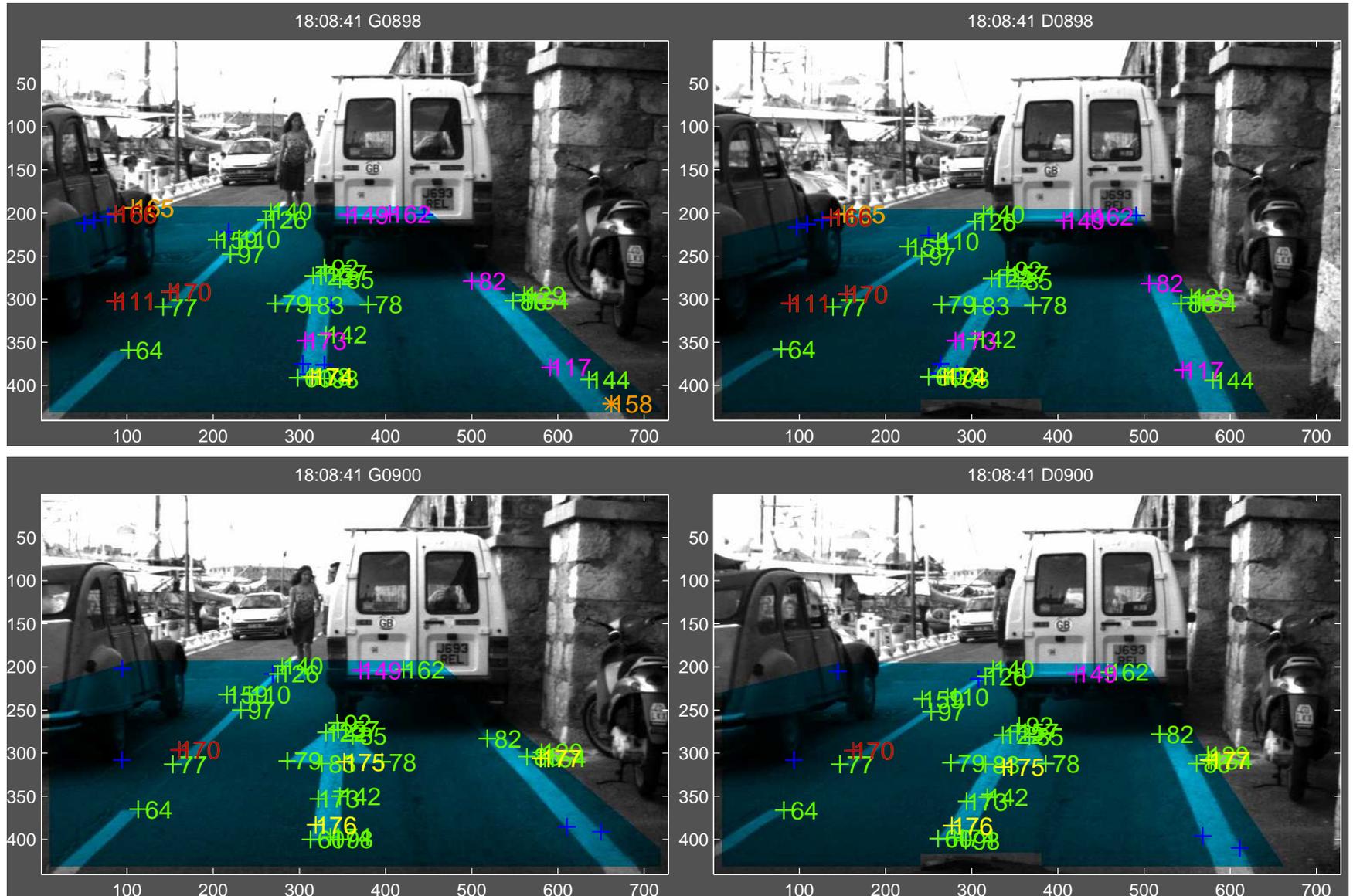
## Estimation de $\mathcal{H}^n$ :

- $q=0$ ,
  - initialisation des coordonnées des super-primitives  ${}^0P^n$ ,
  - initialisation de  ${}^0\mathcal{H}^n$  à partir de  $\mathcal{H}^{n-1}$  et  $H_{st}^n$ ,  $H_g^n$ ,  $H_d^n$ ,
- tant que** ( $\text{rang}({}^q\mathcal{H}^n) > 3$ ),
- $q = q+1$ ,
  - mise à jour de  ${}^q\mathcal{H}^n$  à partir des SFPs  ${}^{q-1}P^n$ ,
  - mise à jour des coordonnées des SFPs :

$${}^qP^n = \frac{1}{m} \cdot {}^q\mathcal{H}^n \cdot {}^{q-1}P^n,$$

**fin tant que**

# Le suivi des super-primitives



# Du plan projectif à l'espace euclidien

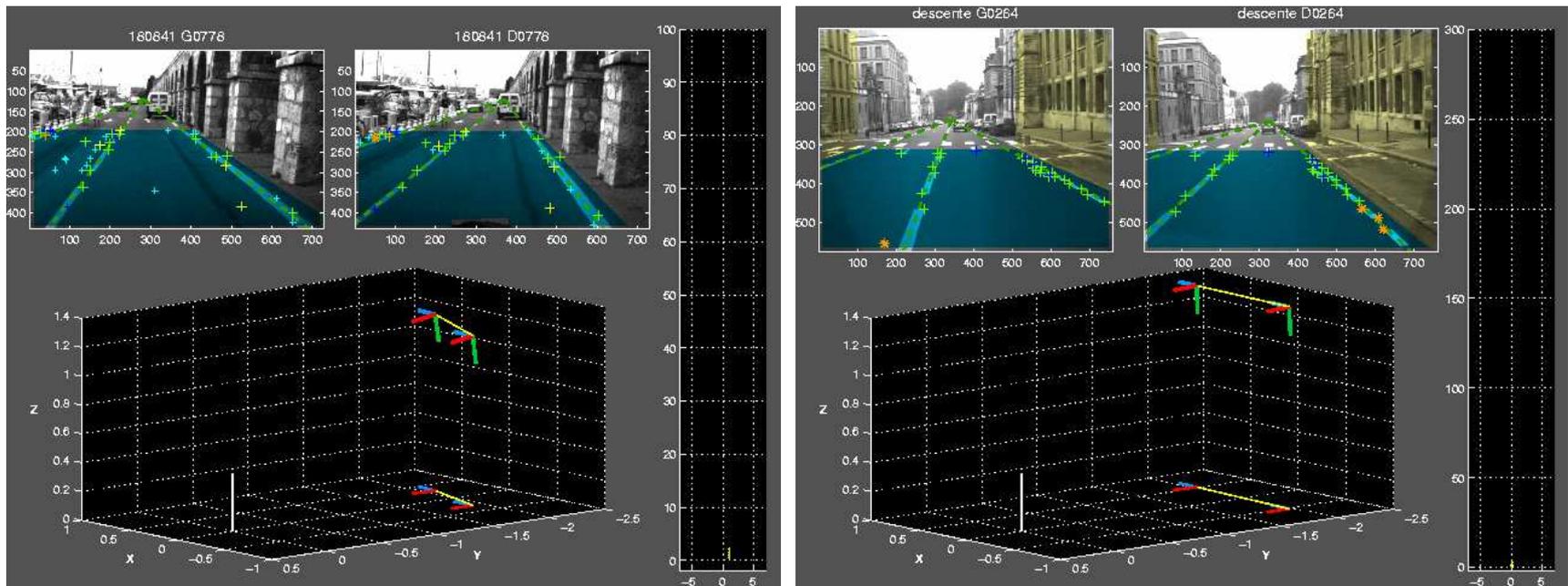
Nous supposons :

- l'altitude des caméras constantes  $h_g = h_d = 1m$ ,
- la calibration de la paire stéréo connue,
- la normale au plan  $\mathbf{n}$  est proche de la verticale.

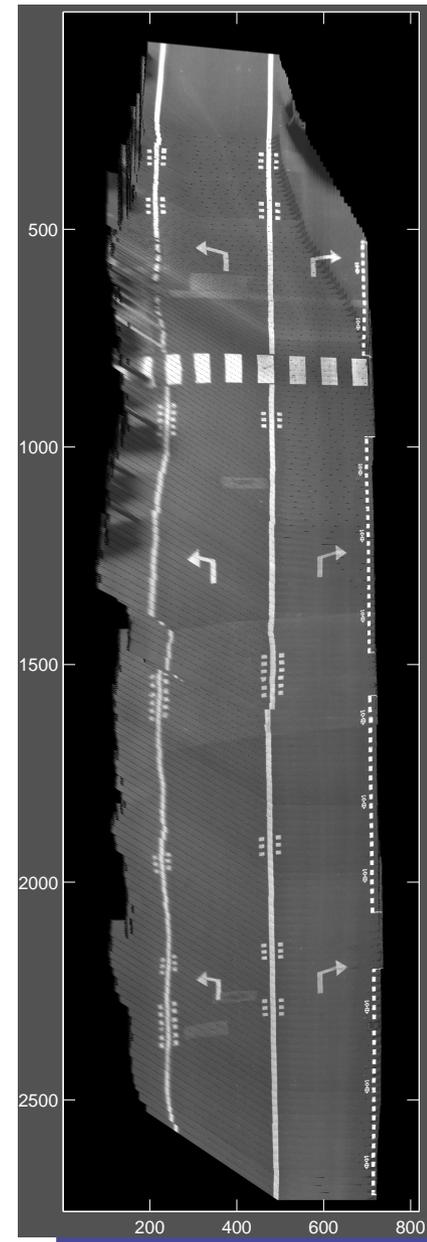
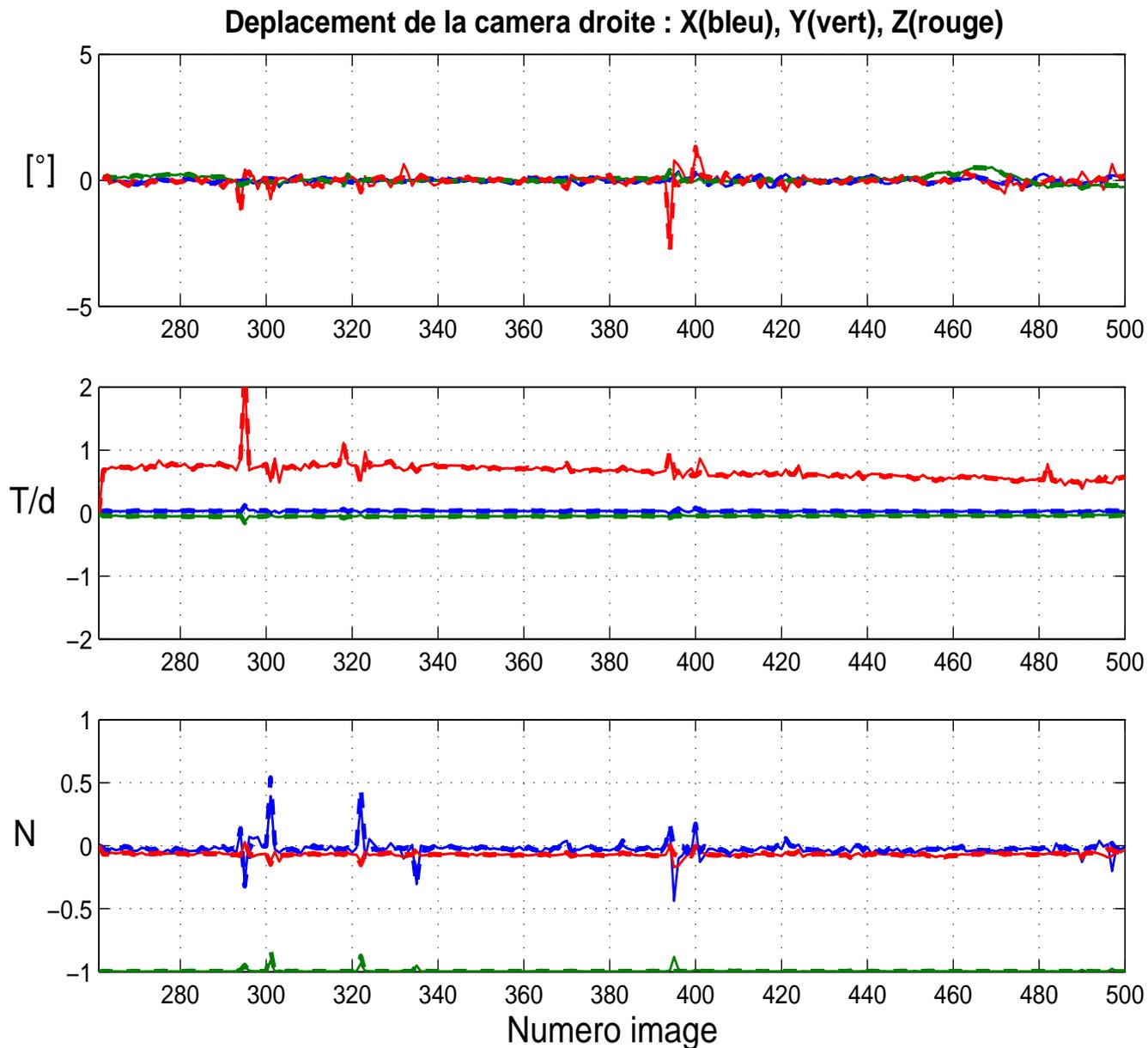
# Du plan projectif à l'espace euclidien

Le déplacement entre  $\mathcal{I}_a$  et  $\mathcal{I}_b$  est extrait de  ${}^pH_{ab}$  :

$$\left[ R_{ab} + \frac{\mathbf{t}_{ab}\mathbf{n}^t}{d_a} \right] = K_b^{-1} \cdot {}^pH_{ab} \cdot K_a$$

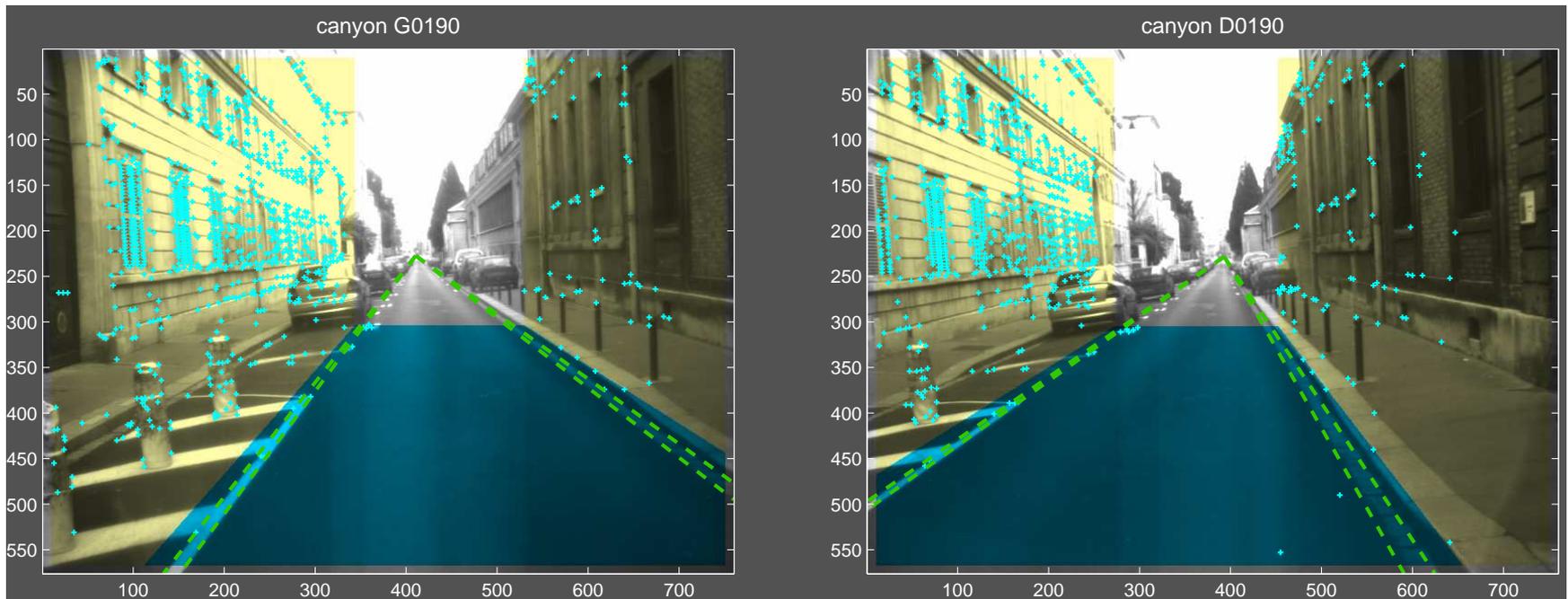


# Reconstruction du plan de la route



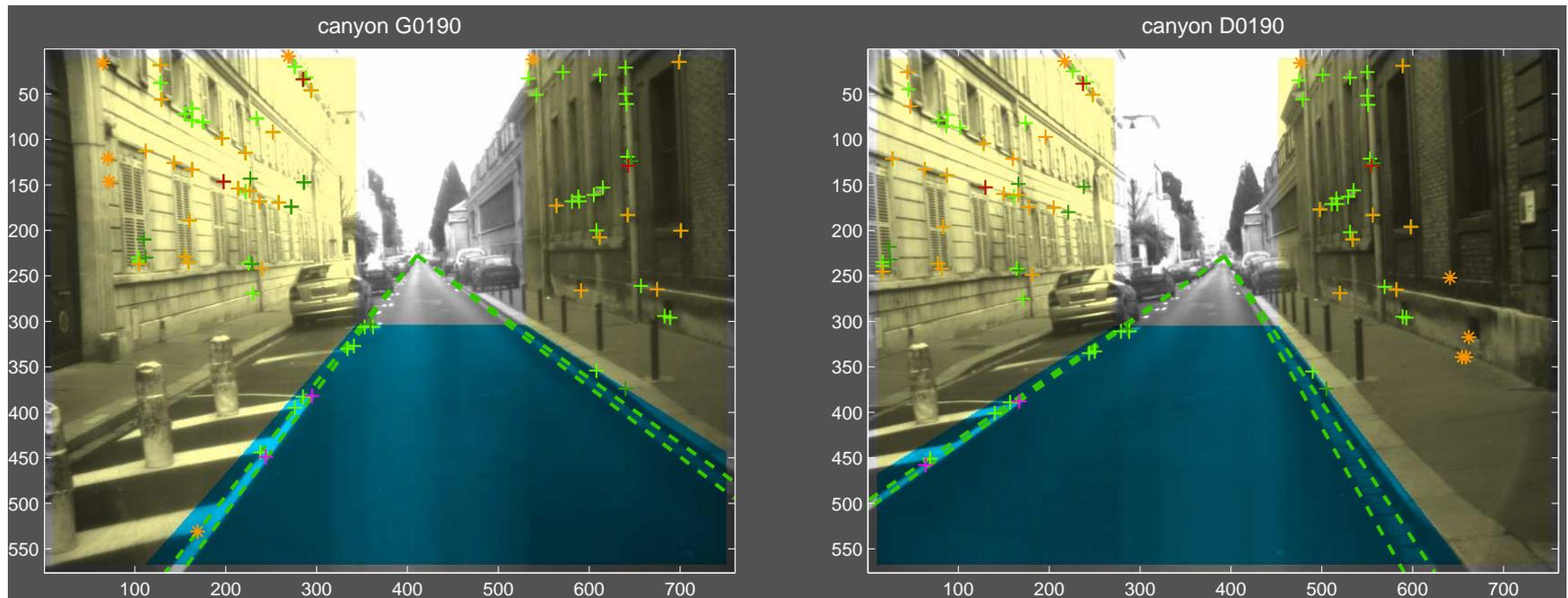
# Suivi des plans principaux de la scène

La transposition de la méthode aux autres plans de la scène est directe.



# Suivi des plans principaux de la scène

La transposition de la méthode aux autres plans de la scène est directe.



# Conclusion

- le modèle de couloir est adapté à l'environnement urbain,
- la stéréo-vision permet de segmenter les principales surfaces planes de la scène,
- la vision dynamique permet d'estimer le mouvement du véhicule,
- la super-homographie améliore la robustesse de l'extraction de primitives coplanaires,
- l'introduction des super-points d'intérêt permet d'uniformiser la répartition spatiale des primitives.

# Conclusion(2)

Le couplage d'un banc stéréo avec le GNSS devrait suffire à la localisation d'un véhicule en environnement urbain.

**Mais** les résultats présentés sont perfectibles :

- les séquences vidéo exploitées sont essentiellement rectilignes,
- la fréquence d'acquisition des images doit être synchronisée au déplacement du véhicule,
- la qualité des estimations de déplacements dépend fortement de la distribution des primitives détectées.

- l'emploi de caméras à large champ ou la motorisation du banc stéréo,
- la fusion des estimations des déplacements induits par le suivi de différents plans,
- la calibration de la paire stéréo grâce aux contraintes d'orthogonalité et de parallélisme de l'environnement,
- la détection d'obstacles,
- le recalage des estimations de localisation à l'estime à l'aide de données satellitaires.

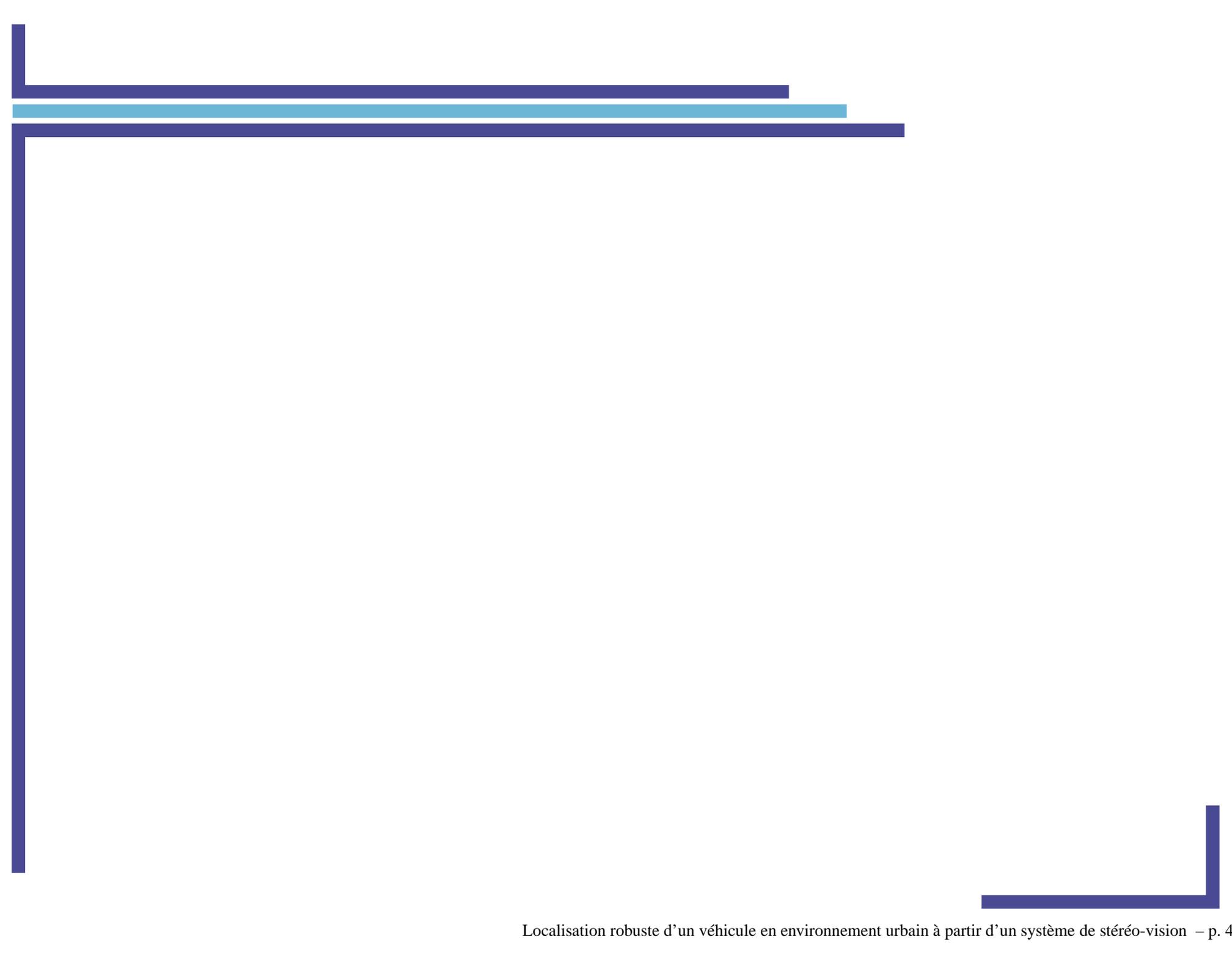
# Remerciements

IMARA

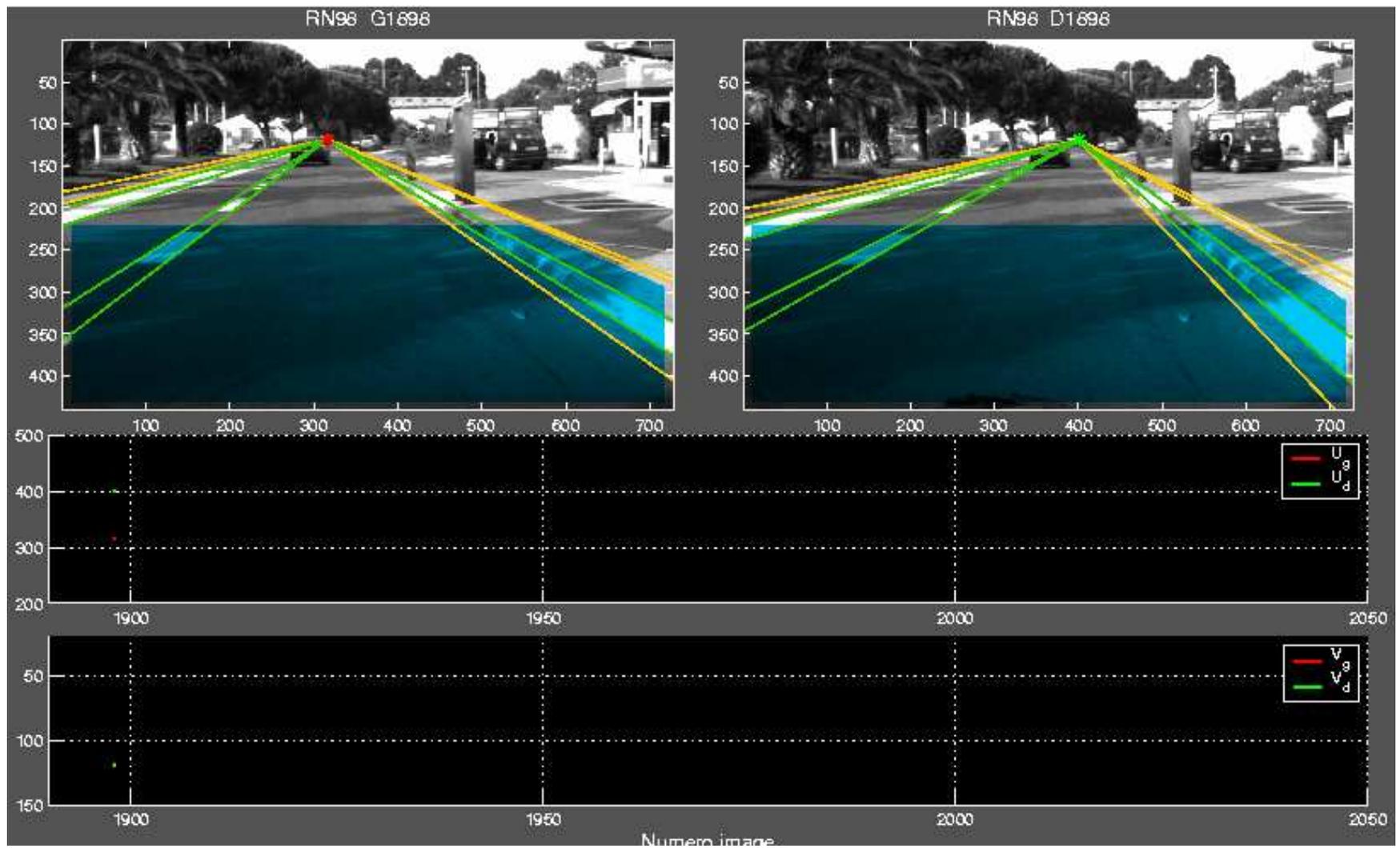


LIVIC





# Et quand ça tourne ?



# Les points d'intérêt virtuels

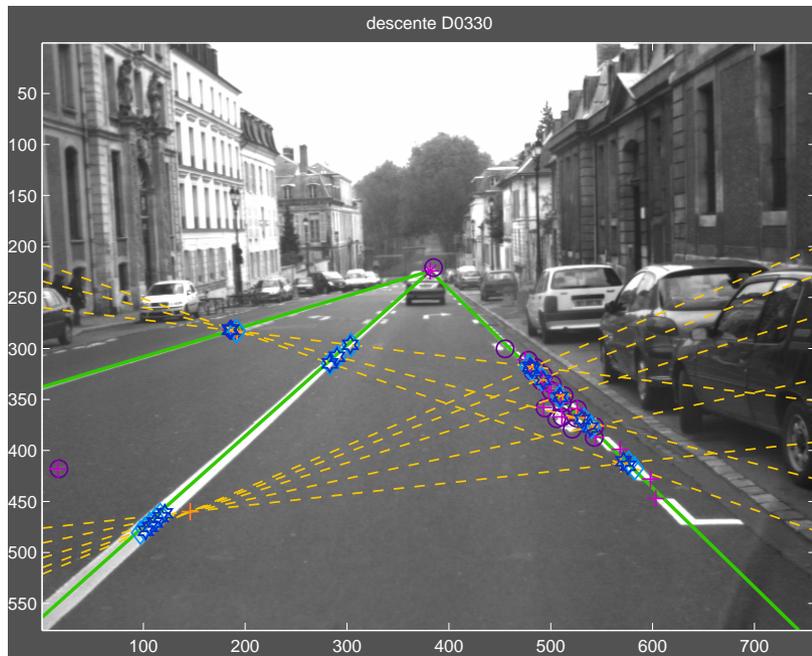
Le conditionnement du système formé par l'homographie dépend de :

1. la distribution spatiale des primitives,
2. la nature des primitives employées.

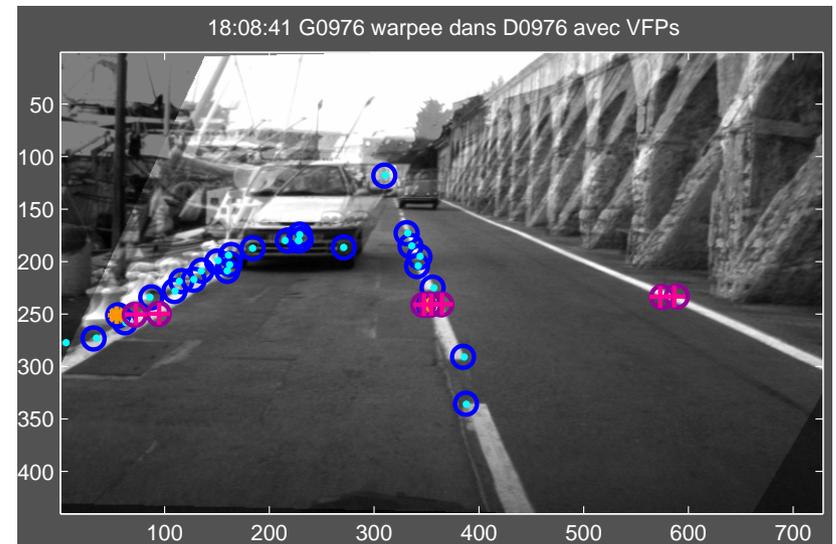
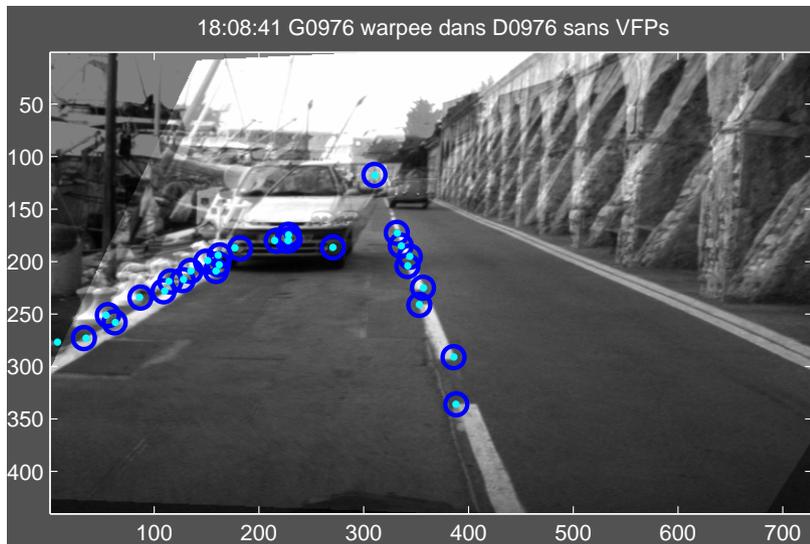
⇒ les points d'intérêt virtuels (VFPs) correspondent à l'intersection :

- des VLs filtrées qui délimitent les voies de circulation,
- des SFPs dont les projections sont connues dans les  $m$  vues.

# Les points d'intérêt virtuels

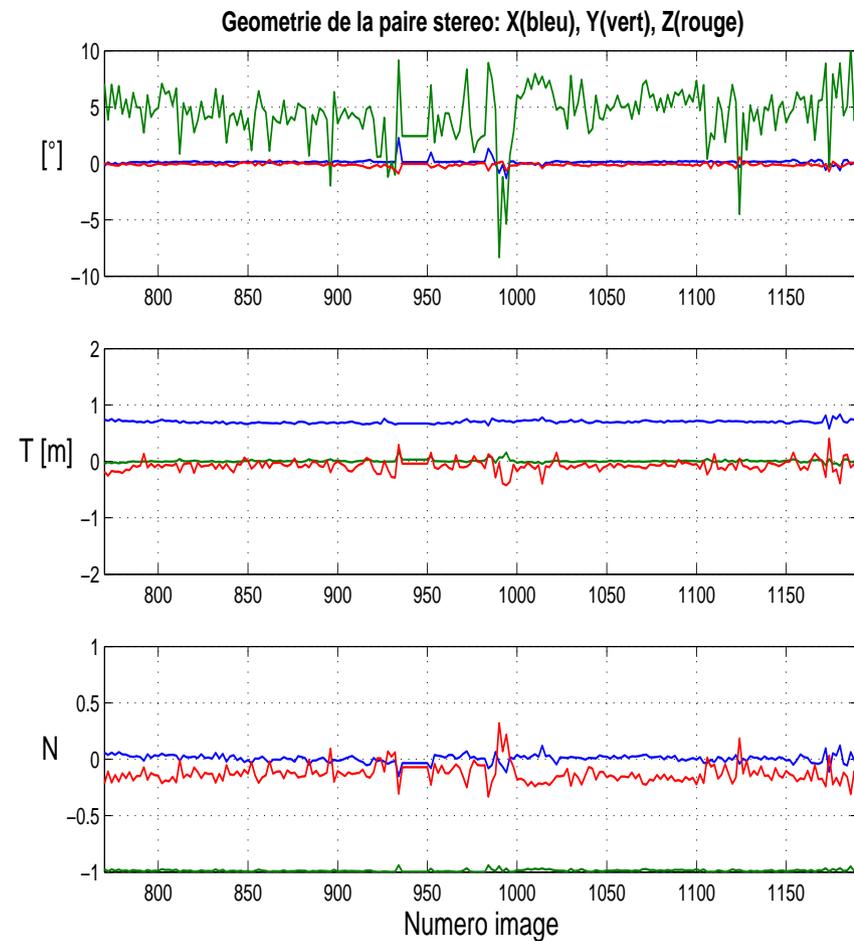


# Les points d'intérêt virtuels



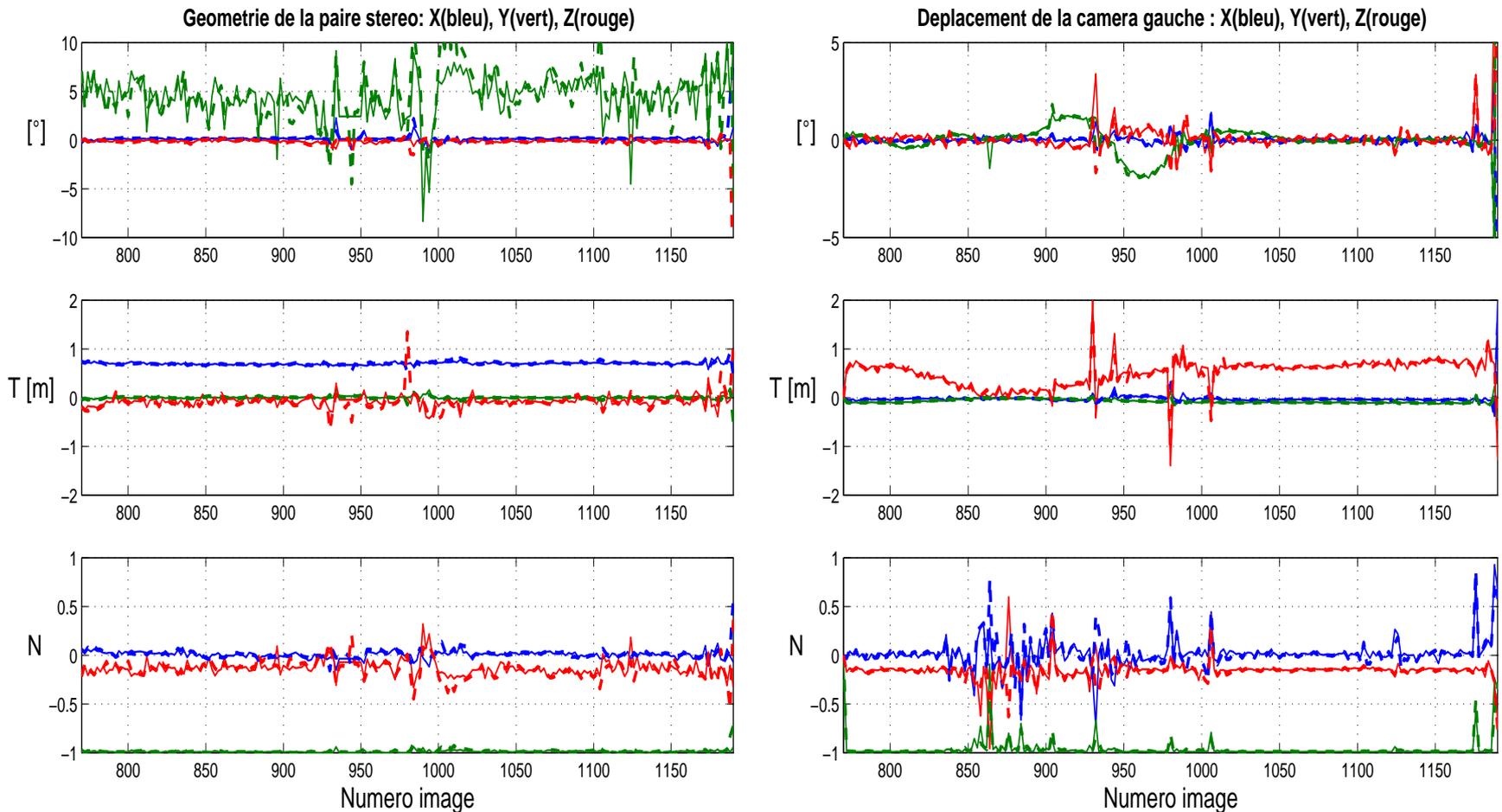
# Estimations des déplacements

l'homographie  $H_{st}$  :



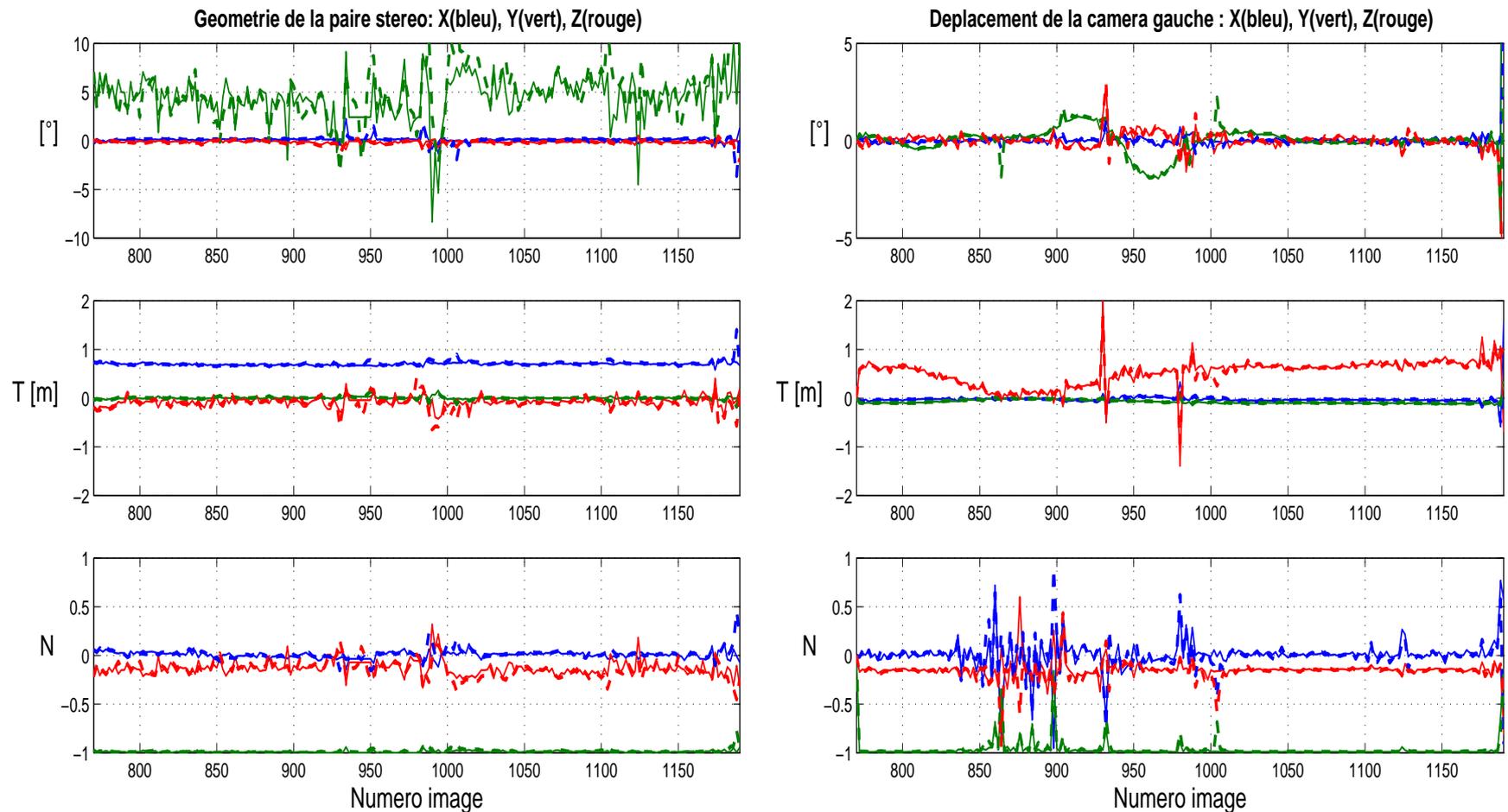
# Estimations des déplacements

les homographies  $H_{st}$  et  $H_g$  extraites de  $\mathcal{H}$



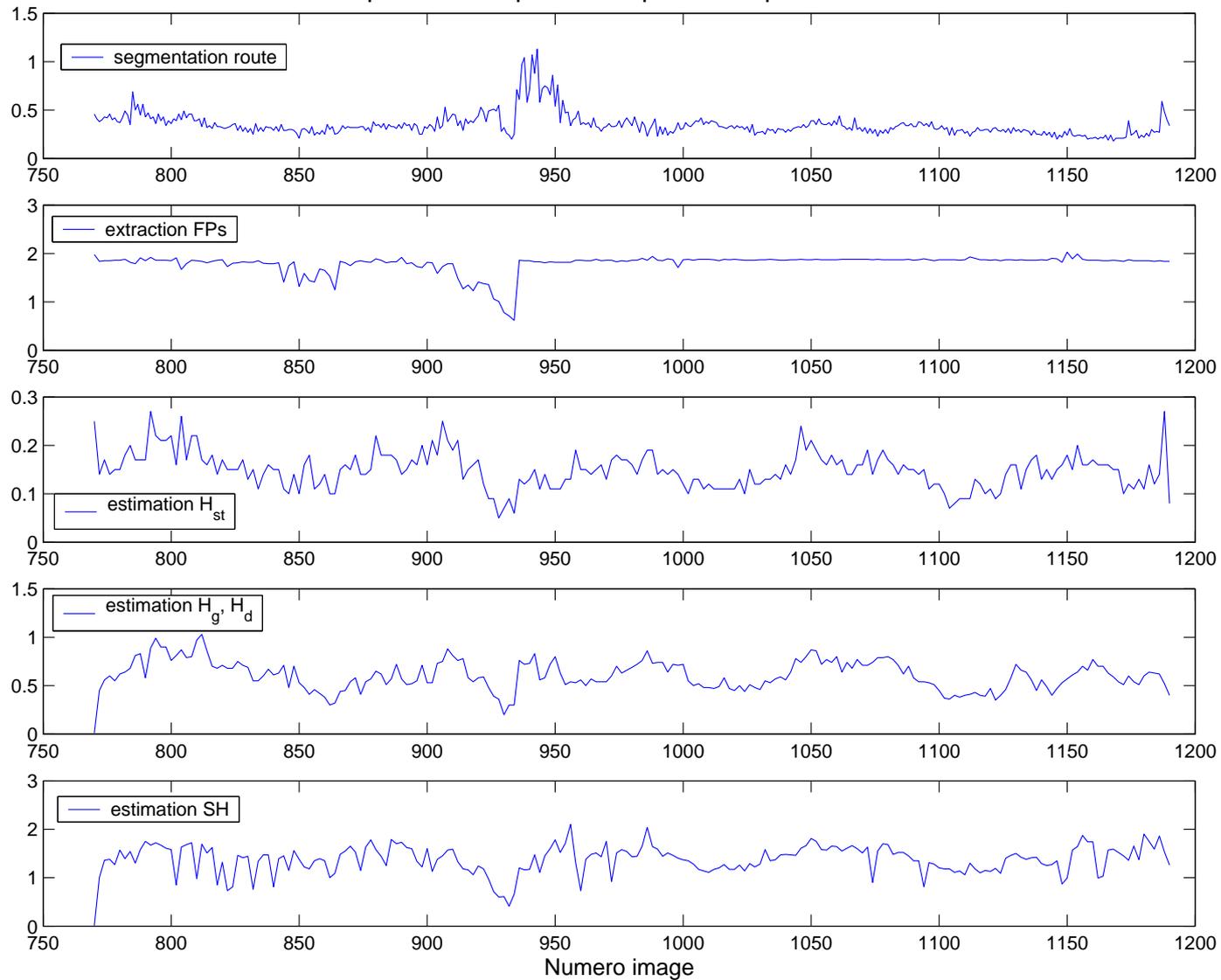
# Estimations des déplacements

les homographies  $H_{st}$  et  $H_g$  extraites de  $\mathcal{H}$  avec les VFPs



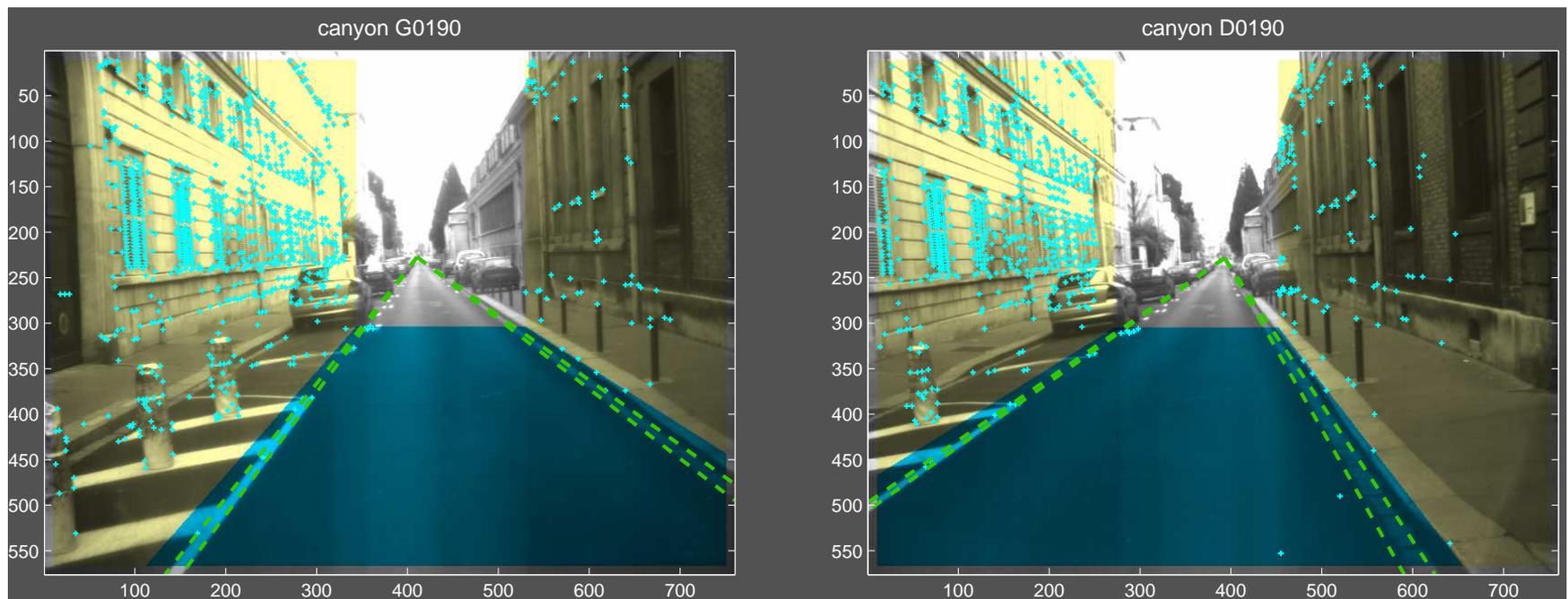
# Temps de calcul

Temps de calcul pour la sequence du port d'Antibes



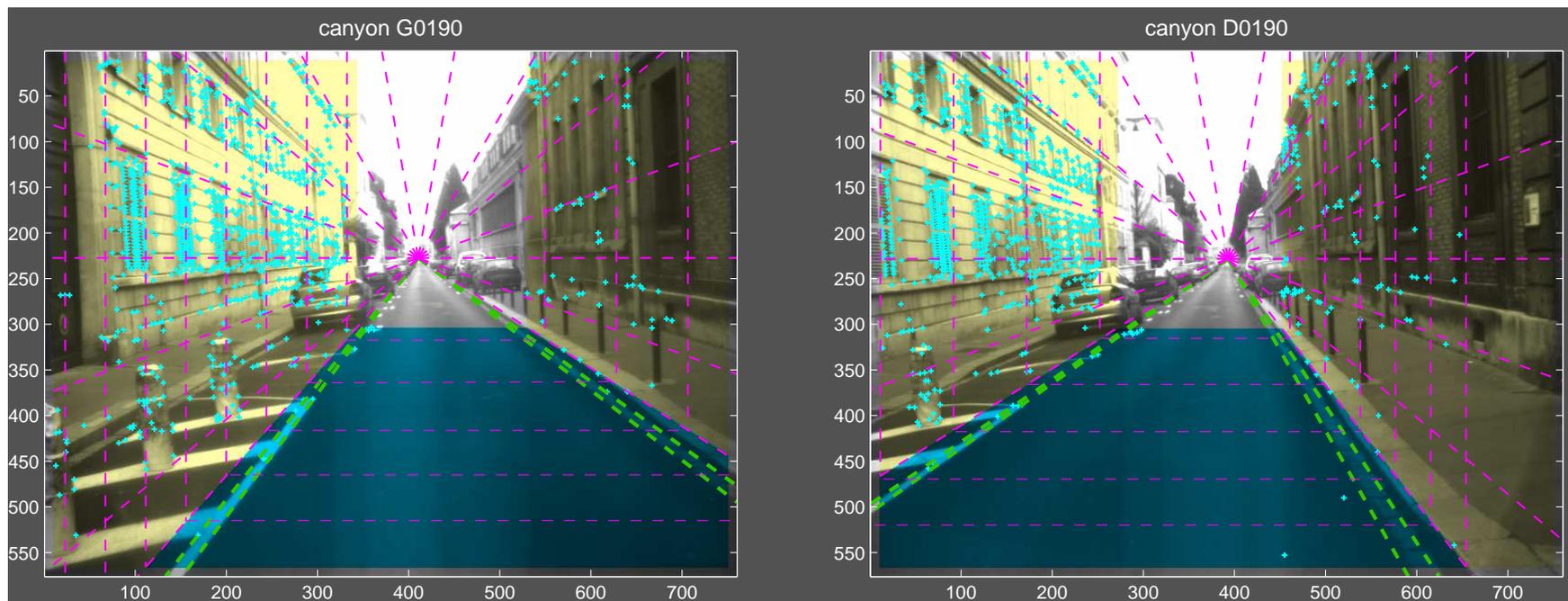
# Limitation du nombre de primitives à considérer

Il est nécessaire de limiter le nombre de FPs à considérer.



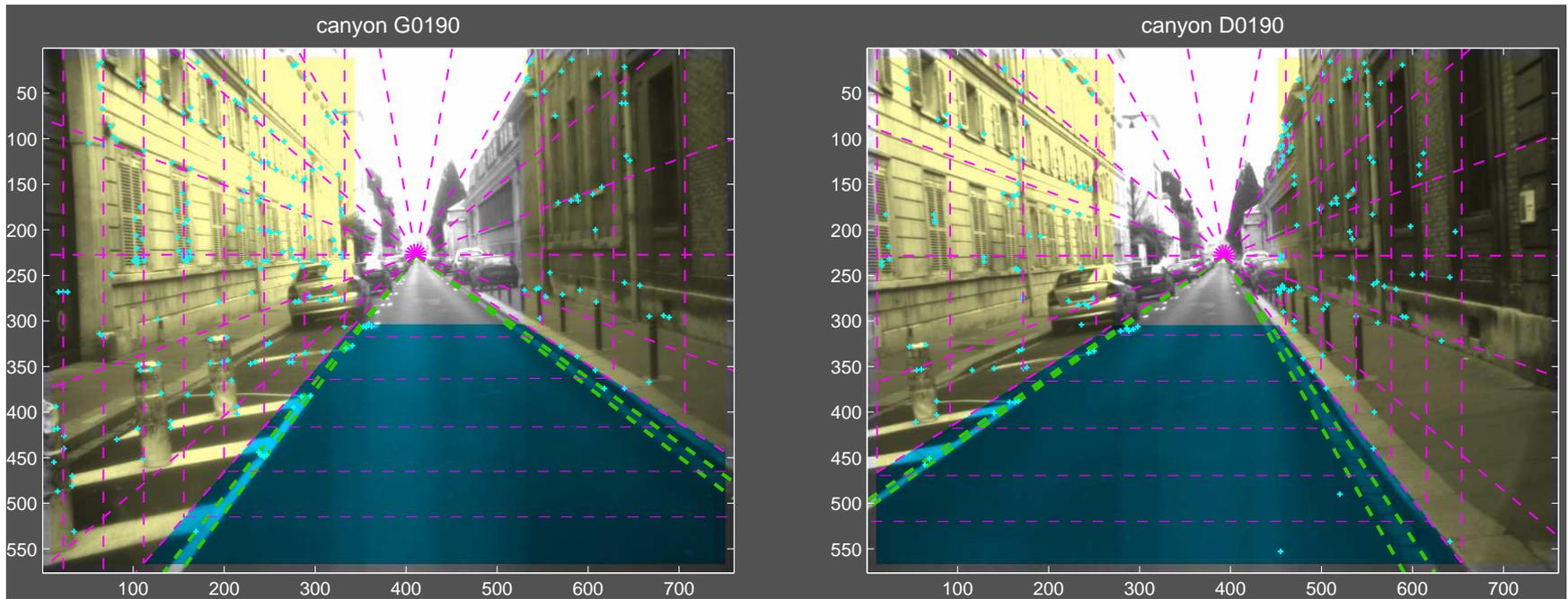
# Limitation du nombre de primitives à considérer

Il est nécessaire de limiter le nombre de FPs à considérer.



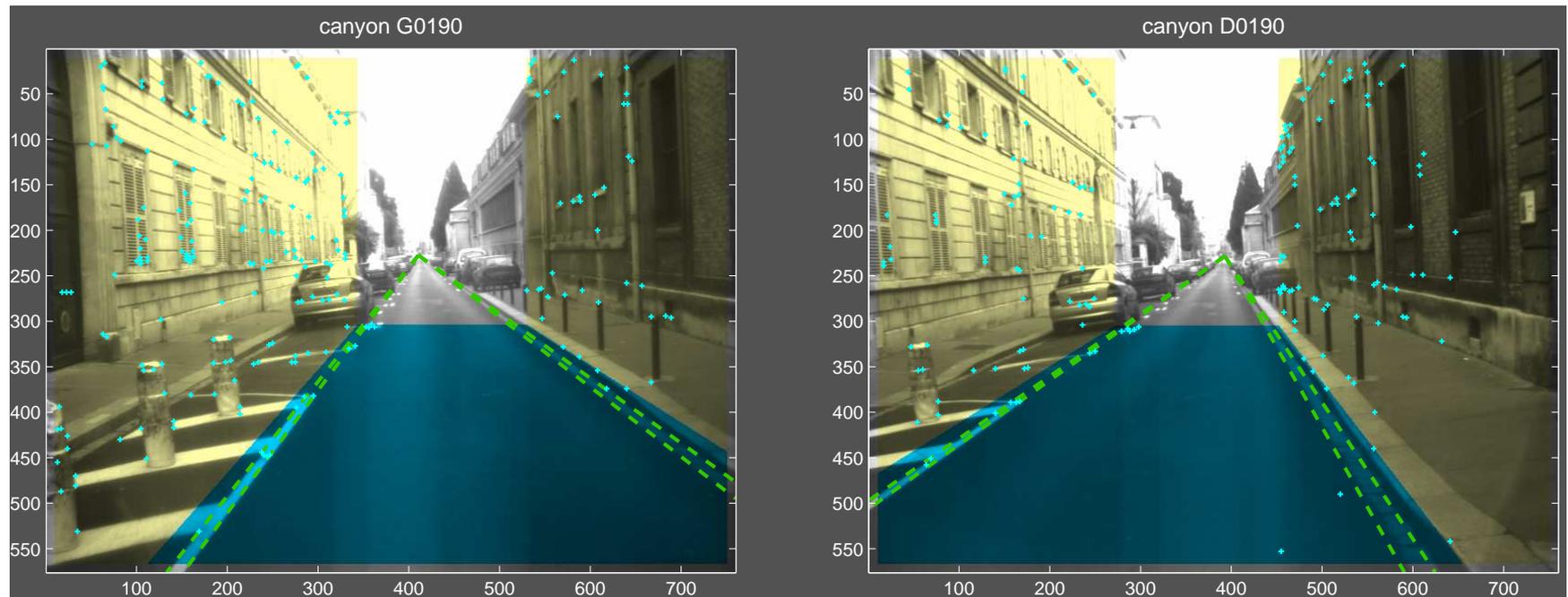
# Limitation du nombre de primitives à considérer

Il est nécessaire de limiter le nombre de FPs à considérer.



# Limitation du nombre de primitives à considérer

Il est nécessaire de limiter le nombre de FPs à considérer.



# Limitation du nombre de primitives à considérer

Il est nécessaire de limiter le nombre de FPs à considérer.

