

Vision 3D à partir d'images

Adrien Bartoli

LASMEA – CNRS/UBP

Clermont-Ferrand

Introduction

- ★ **Vision par ordinateur** : inférence d'information à partir d'images
(par ex. : indexation, reconnaissance, recherche)
- ★ **Vision 3D par ordinateur** : inférence d'information 3D à partir d'images
par reconstruction d'un modèle numérique 3D
(par ex. : estimation de distances, de vitesses)
- ★ **Vision 3D par ordinateur non calibrée**
(peu de connaissance a priori sur les caméras)

Une hypothèse de base



Environnement rigide



Environnement déformable

Outils

- ★ Géométrie Euclidienne et projective
- ★ Traitement du signal
- ★ Statistiques
- ★ Optimisation

Partie I :

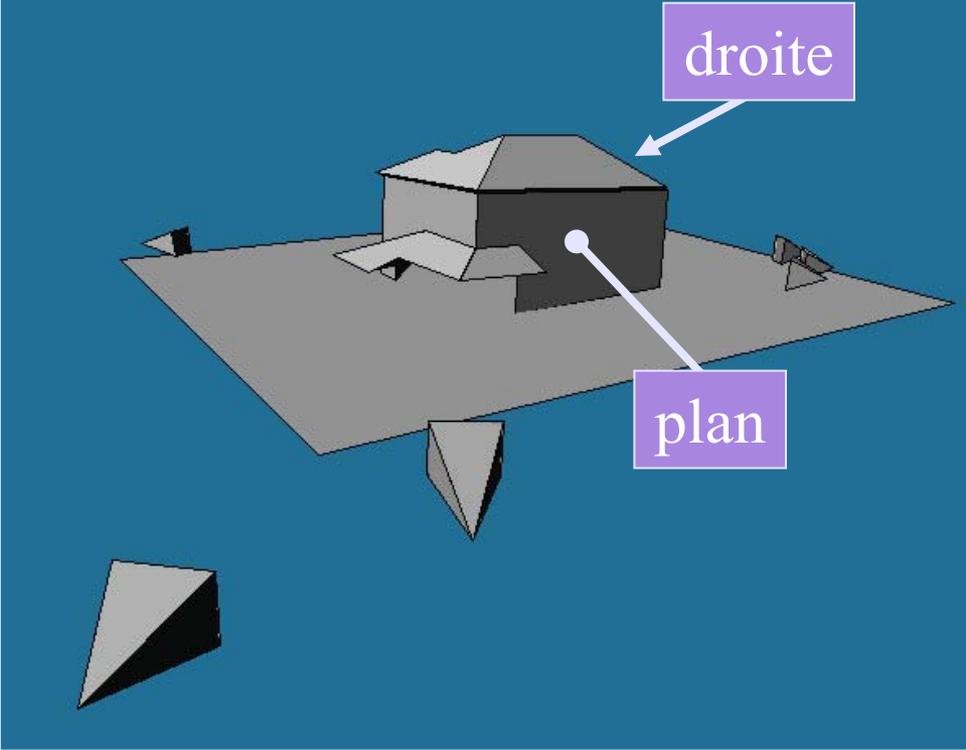
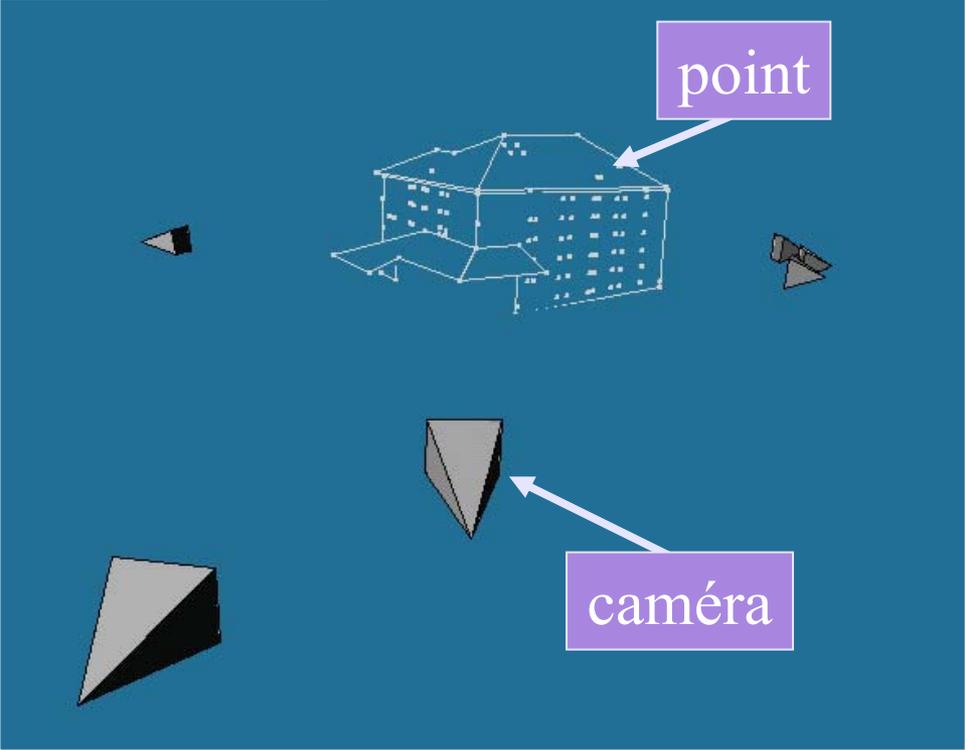
Reconstruction 3D en environnement rigide

- Hartley et Zisserman
“Multiple View Geometry in Computer Vision”, 2000
- Faugeras et Luong
“The Geometry of Multiple Images”, 2001



Algorithme de reconstruction 3D

modèle 3D



Reconstruction 3D

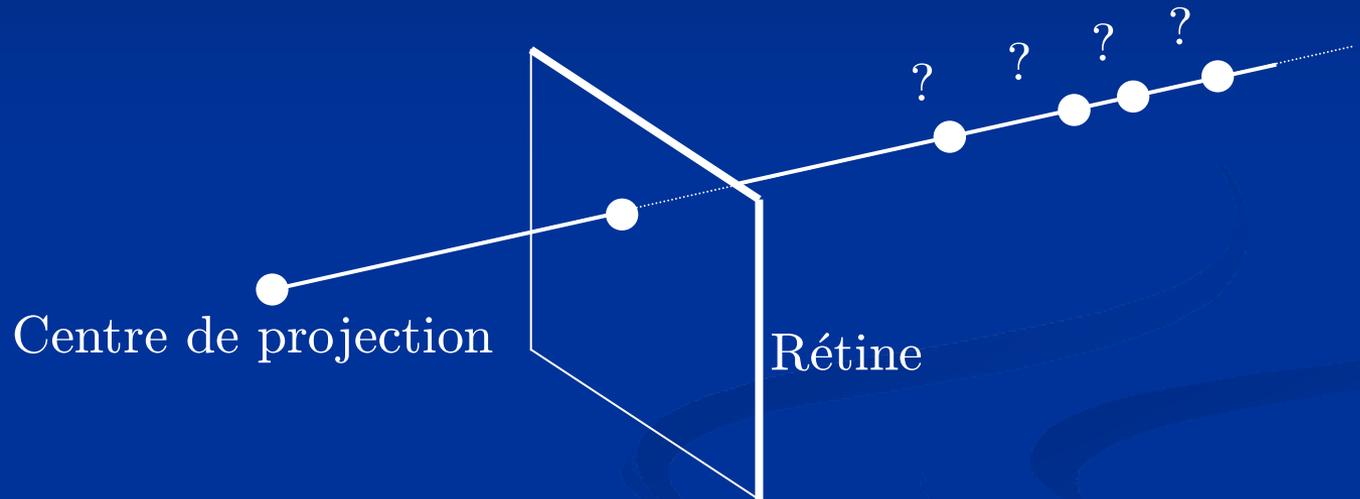
- ★ L'approche présentée ici est la plus mature
- ★ Elle est basée sur des indices visuels, ici des points d'intérêt
- ★ Principales étapes :
 - ▶ Extraction et appariement de points
 - ▶ Estimation de la géométrie projective des caméras
 - ▶ Calibrage en ligne

Une vue



Une vue

- ★ La reconstruction 3D n'est possible qu'avec des informations a priori sur la structure de la scène



- ★ Plan :

- ▶ Détection de points d'intérêt
- ▶ Caractérisation de ces points
- ▶ Modélisation géométrique d'une caméra

Détection de points d'intérêt

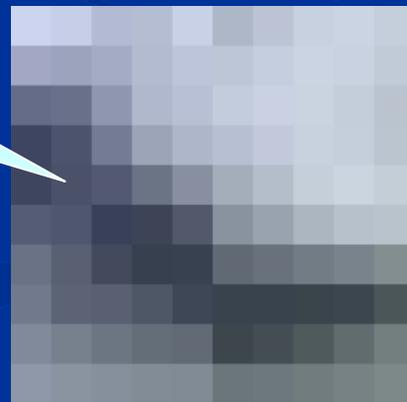
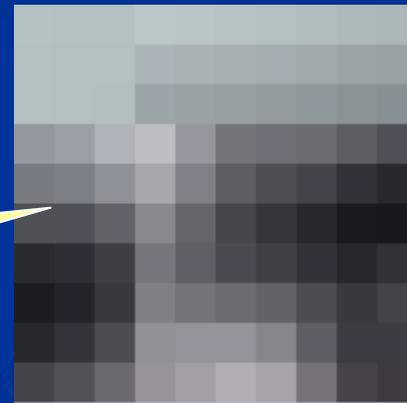
- ★ Examen du signal image local
- ★ Maxima de la fonction d'autocorrélation (Harris et Stephen, 88)
- ★ Invariance aux transformations planaires de l'image (Schmid *et al*)



Caractérisation

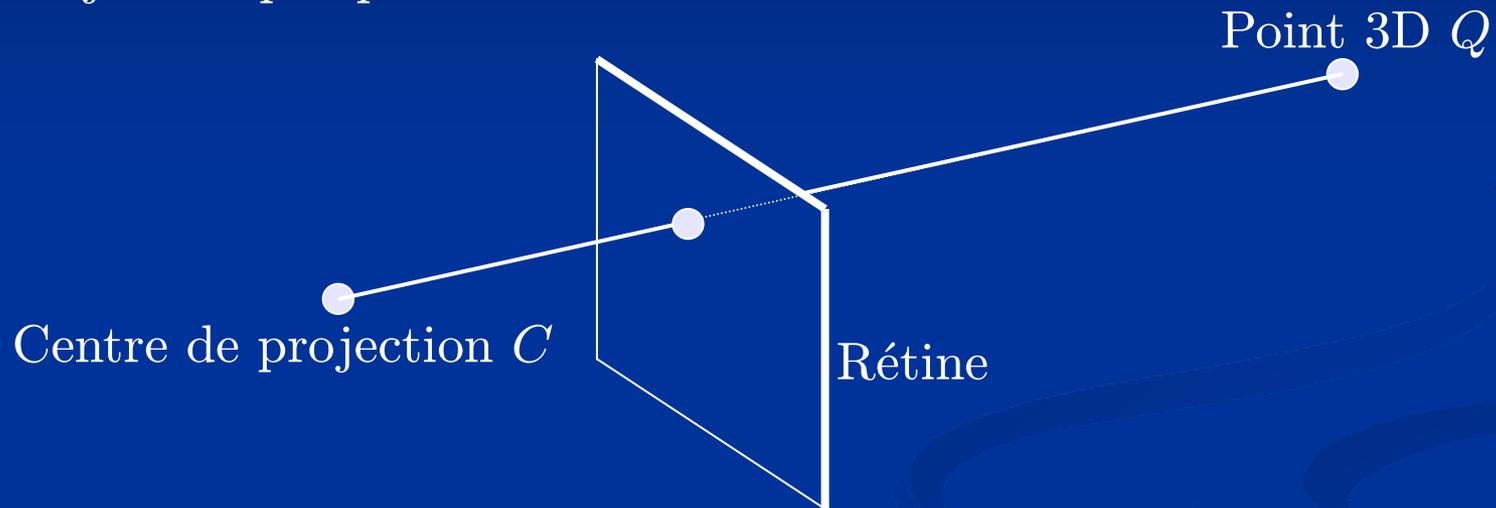
★ Descripteurs locaux :

- ▶ Patch
- ▶ Vecteur de dérivées invariants (Schmid et al)

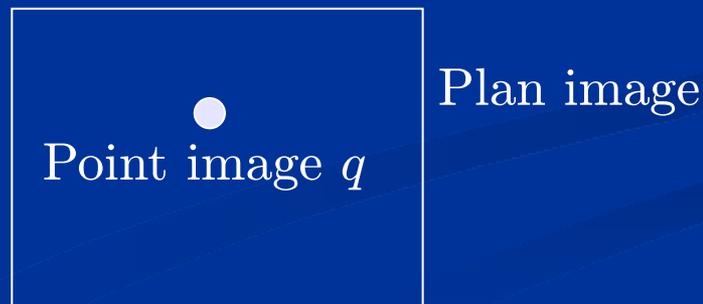


Modèle de projection sténopé

1 : Projection perspective



2 : Transformation affine $K_{(3 \times 3)}$

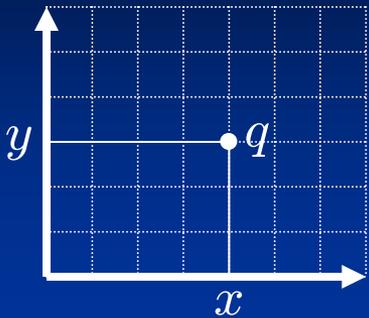


Distorsion optique





Les coordonnées homogènes 2D



★ Coordonnées “Euclidiennes” ou “affines” :

$$\tilde{q} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} \quad \text{ici :} \quad \tilde{q} = \begin{pmatrix} 4 \\ 3 \end{pmatrix}$$

★ Coordonnées homogènes :

$$q \sim w \begin{pmatrix} x \\ y \\ 1 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} wx \\ wy \\ w \end{pmatrix} \quad \text{par exemple :} \quad q \sim \begin{pmatrix} 12 \\ 9 \\ 3 \end{pmatrix}$$

★ \sim est l'égalité à un facteur multiplicatif non nul près

★ Les points q_∞ , avec $q_{\infty(3)} = 0$, sont sur la **droite à l'infini** : $q_\infty \in l_\infty$

★ Ces coordonnées décrivent le **plan projectif** \mathbb{P}^2

Les coordonnées homogènes 3D

- ★ Coordonnées “Euclidiennes” ou “affines” :

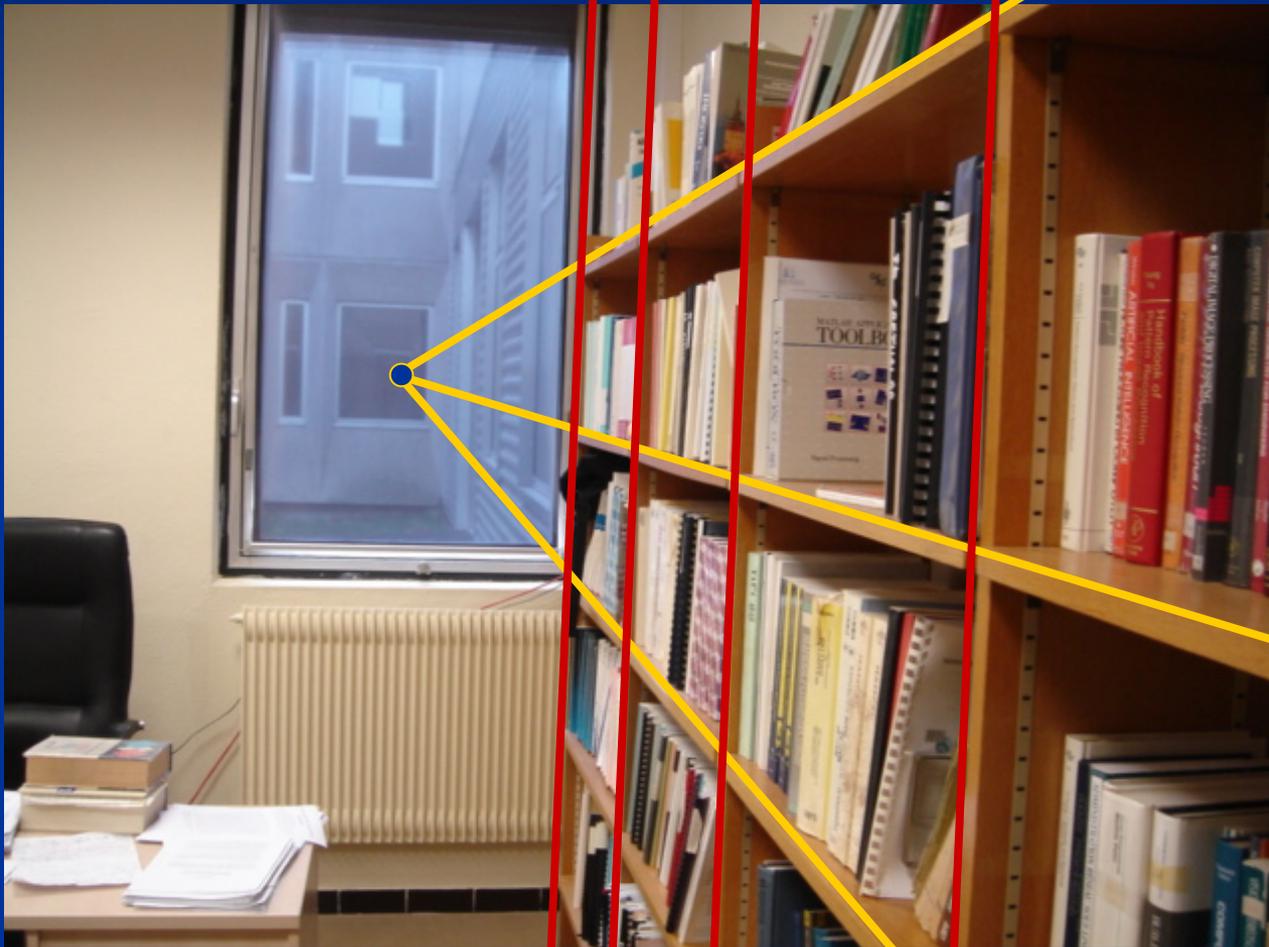
$$\tilde{Q} = \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix}$$

- ★ Coordonnées homogènes :

$$Q \sim W \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} WX \\ WY \\ WZ \\ W \end{pmatrix}$$

- ★ Les points Q_∞ , avec $Q_{\infty(4)} = 0$, sont sur le **plan à l’infini** : $Q_\infty \in \pi_\infty$
- ★ Ces coordonnées décrivent l’**espace projectif** \mathbb{P}^3

Sur les points à l'infini ...



Changement de repère 3D rigide



- ★ Transformation “Euclidienne” ou “rigide” :

$$\tilde{Q} \rightarrow R\tilde{Q} + t$$

où R est une matrice (3×3) de rotation 3D, et t un vecteur-3 représentant une translation

- ★ En coordonnées homogènes :

$$Q \rightarrow SQ \quad \text{avec} \quad S_{4 \times 4} \sim \begin{pmatrix} R & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

Modélisation algébrique d'une caméra

1 : Projection perspective

- ★ coordonnées homogènes 3D $Q \sim (X \ Y \ Z \ 1)^t$
- ★ changement de repère 3D $S \sim \begin{pmatrix} R & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
(calibrage externe de la caméra)
- ★ projection 3D vers 2D $M \sim \begin{pmatrix} 1 & & 0 \\ & 1 & 0 \\ & & 1 & 0 \end{pmatrix}$

2 : Transformation affine $K_{(3 \times 3)}$

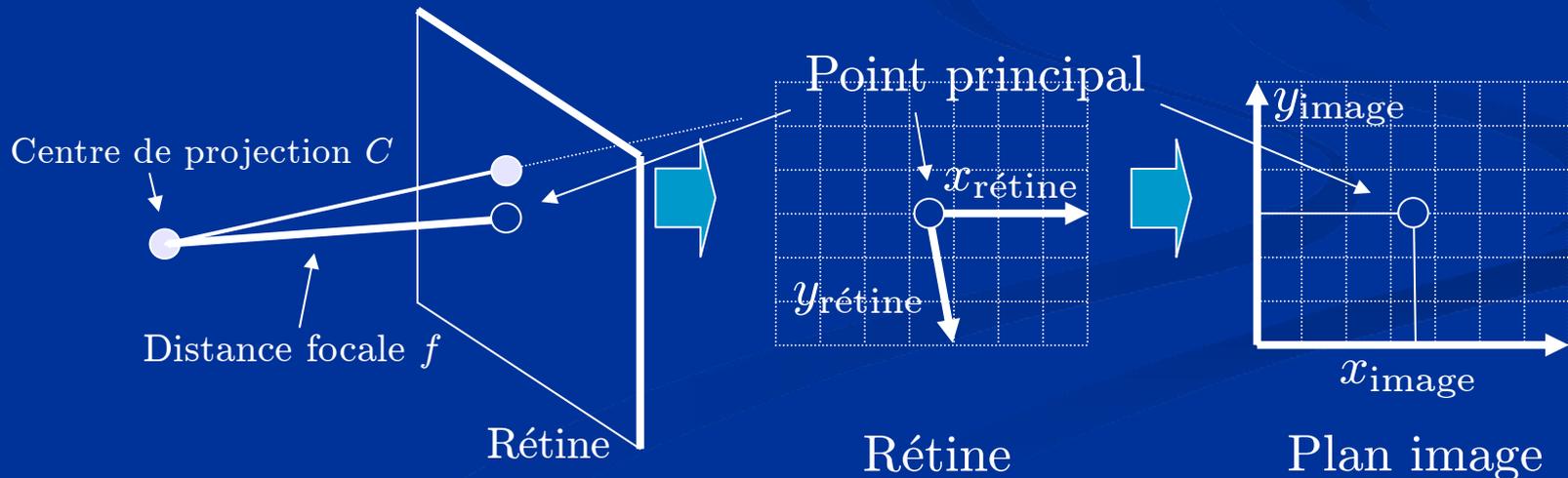
- ★ transformation affine 2D $K \sim \begin{pmatrix} f & \tau & u_0 \\ 0 & \alpha f & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$
(calibrage interne de la caméra)
- ★ coordonnées homogènes 2D $q \sim (x \ y \ 1)^t$

Le calibrage interne

$$K \sim \begin{pmatrix} f & \tau & u_0 \\ 0 & \alpha f & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

- ★ Transformation rétine vers image + distance focale f
- ★ $(u_0 \ v_0)^t$ est le point principal
- ★ $\alpha \approx 1$ est le rapport d'aspect
- ★ $\tau \approx 0$ est lié à l'angle entre les axes x et y

1 : Projection perspective 2 : Transformation affine $K_{(3 \times 3)}$



La matrice de projection

$$q_{3 \times 1} \sim \underbrace{K_{3 \times 3} M_{3 \times 4} S_{4 \times 4}}_{P_{3 \times 4}} Q_{4 \times 1}$$

★ Linéaire en les coordonnées homogènes :

$$q \sim PQ$$

★ Non-linéaire en les coordonnées Euclidiennes :

$$\tilde{q} = \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix} = \frac{1}{q_{(3)}} \begin{pmatrix} q_{(1)} \\ q_{(2)} \end{pmatrix}$$

Centre de projection et rétroprojection



- ★ Le centre de projection C est le seul point de l'espace \mathbb{P}^3 sans image
- ★ Il est donné par le noyau droit de la matrice de projection $P : PC = 0_{3 \times 1}$
- ★ Les points Q_λ sur le rayon de vue sont donnés par $Q_\lambda \sim \lambda Q_\infty + (1 - \lambda)C$
- ★ Le point à l'infini du rayon de vue satisfait

$$PQ_\infty \sim q \quad \text{et} \quad Q_\infty^t \sim \begin{pmatrix} \bar{Q}_\infty^t & 0 \end{pmatrix}$$

soit $P \sim \begin{pmatrix} \bar{P} & p \end{pmatrix}$, on obtient :

$$Q_\infty^t \sim \begin{pmatrix} q\bar{P}^{-t} & 0 \end{pmatrix}$$

Deux vues



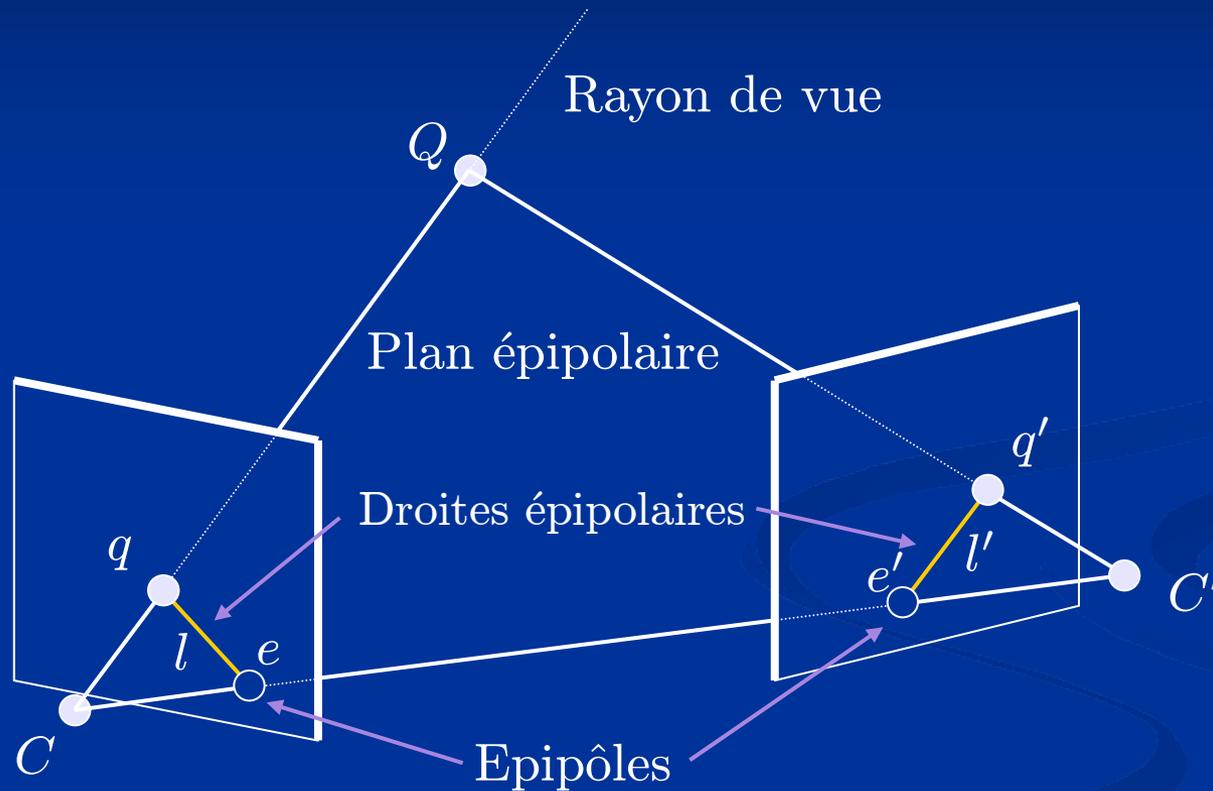
Deux vues

★ La reconstruction 3D est possible

★ Plan :

- ▶ Géométrie de deux caméras
- ▶ Appariement de points entre images
- ▶ Estimation robuste des deux caméras
- ▶ Triangulation des points

La géométrie épipolaire



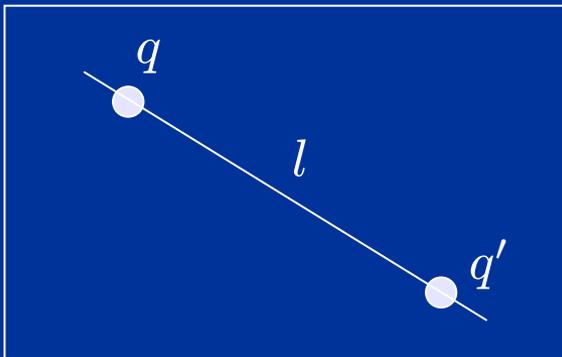
Quelques outils

$[q]_{\wedge}$ est une matrice (3×3) antisymétrique telle que $[q]_{\wedge} q' = q \wedge q'$.

On définit $[q]_{\wedge} = \begin{pmatrix} 0 & -c & b \\ c & 0 & -a \\ -b & a & 0 \end{pmatrix}$ où $q = \begin{pmatrix} a \\ b \\ c \end{pmatrix}$

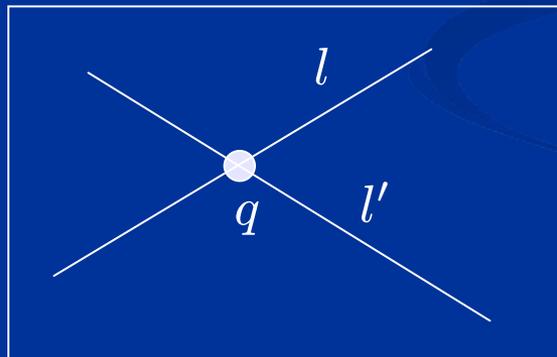
On note que $\det([q]_{\wedge}) = 0$

Droite joignant deux points



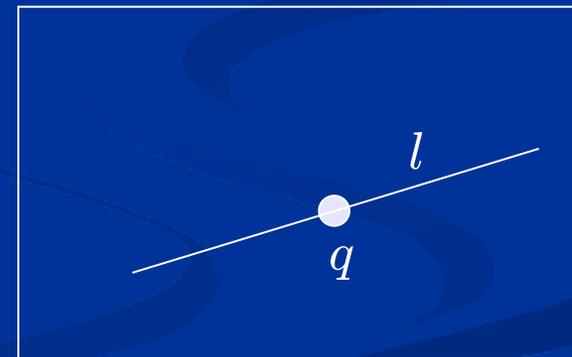
$$\begin{aligned} l &\sim q \wedge q' \\ &\sim [q]_{\wedge} q' \end{aligned}$$

Intersection de deux droites



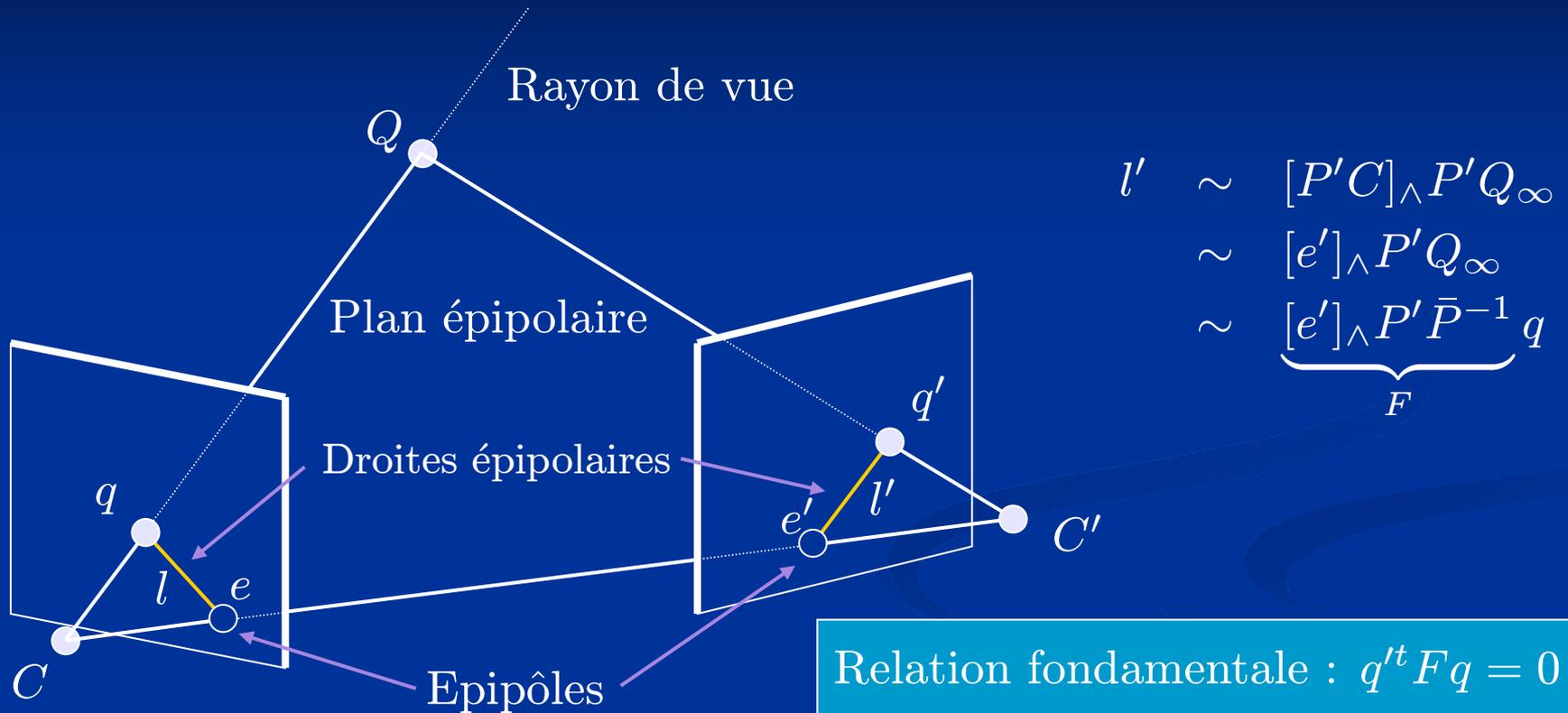
$$\begin{aligned} q &\sim l \wedge l' \\ &\sim [l]_{\wedge} l' \end{aligned}$$

Point sur droite



$$q^t l = 0$$

La matrice fondamentale



Rayon de vue : $Q_\lambda \sim \lambda Q_\infty + (1 - \lambda)C$

Projection : $l' \sim (P'C) \wedge (P'Q_\infty)$

Epipôles : $e' \sim P'C$ et $e \sim PC'$

Droites épipolaires : $l' \sim Fq$ et $l \sim F^t q'$

La matrice fondamentale

- ★ Notée F , elle est de taille (3×3) et de **rang 2**, *i.e.* $\det F = 0$
- ★ Elle a **7 degrés de liberté** (9-1-1)
- ★ Elle satisfait la **relation fondamentale** :

$$q'^t F q = 0$$

- ★ Les **droites épipolaires** sont données par :

$$l' \sim F q \quad \text{et} \quad l \sim F^t q'$$

- ★ Les **épipôles** sont données par les noyaux droit et gauche de F :

$$F e \sim 0 \quad \text{et} \quad F^t e' \sim 0$$

- ★ F contient implicitement une **reconstruction projective** des deux caméras

Estimation, méthode linéaire

- ★ Méthode des 8 points (Longuet-Higgins, 81)
- ★ Etant données $\{q_j \leftrightarrow q'_j\}$ avec $m \geq 8$
- ★ Exploite la redondance d'information pour réduire le bruit
- ★ Minimisation de l'erreur résiduelle sur la relation fondamentale :

$$\min_{\tilde{F}} \mathcal{C}(\tilde{F}) \quad \text{avec} \quad \mathcal{C}(\tilde{F}) = \sum_{j=1}^m \left(q_j'^t \tilde{F} q_j \right)^2$$

- ★ Le critère \mathcal{C} se réécrit :

$$\begin{aligned} \mathcal{C} &= \sum_{j=1}^m \left((x'_j \quad y'_j \quad 1) \tilde{F} \begin{pmatrix} x_j \\ y_j \\ 1 \end{pmatrix} \right)^2 \\ &= \sum_{j=1}^m \left(a_j^t \tilde{f} \right)^2 \quad \text{avec} \quad \begin{cases} a_j^t &= (x_j x'_j \quad x_j y'_j \quad x_j y_j x'_j \quad y_j y'_j \quad y_j x'_j \quad y_j y'_j \quad y_j x'_j \quad y'_j \quad 1) \\ \tilde{f}^t &\sim (\tilde{F}_{11} \quad \tilde{F}_{21} \quad \tilde{F}_{31} \quad \tilde{F}_{12} \quad \tilde{F}_{22} \quad \tilde{F}_{32} \quad \tilde{F}_{13} \quad \tilde{F}_{23} \quad \tilde{F}_{33}) \end{cases} \\ &= \|A \tilde{f}\|^2 \quad \text{avec} \quad A \sim \begin{pmatrix} a_1^t \\ \vdots \\ a_m^t \end{pmatrix} \end{aligned}$$

Minimisation

- ★ Le critère \mathcal{C} est minimisé, sous la contrainte $\|\tilde{F}\| = \|\tilde{f}\| = 1$, par le vecteur singulier associé à la plus petite valeur singulière de A
- ★ Cette solution s'obtient par décomposition en valeurs singulières (SVD) de A :

$$A_{(m \times 9)} \rightarrow U_{(m \times 9)} \Sigma_{(9 \times 9)} V_{(9 \times 9)}^t$$

\tilde{f} est donné par la dernière colonne de V

- ★ Note : les données doivent être **normalisées** dans une image de dimension unité

Correction du rang

- ★ La matrice \tilde{F} obtenue n'est en général pas de rang 2
- ★ La correction de rang est effectuée en résolvant :

$$\min_F \|F - \tilde{F}\|^2$$

par SVD de \tilde{F} :

$$\tilde{F}_{(3 \times 3)} \rightarrow U_{(3 \times 3)} \tilde{\Sigma}_{(3 \times 3)} V_{(3 \times 3)}^t$$

puis annulation de la plus petite valeur singulière :

$$\Sigma \leftarrow \begin{pmatrix} \tilde{\Sigma}_{11} & & \\ & \tilde{\Sigma}_{22} & \\ & & 0 \end{pmatrix}$$

et recomposition de la SVD :

$$F \leftarrow U \Sigma V^t$$

Estimation, méthode minimale

- ★ Utilise $m = 7$ correspondances de points
- ★ Former une matrix A de taille (7×9) telle que $Af = 0$
- ★ On obtient $f = \alpha f_0 + (1 - \alpha)f_1$
- ★ Utiliser la contrainte $\det(F) = 0$ pour trouver α
- ★ Les racines réelles d'un polynome de degré 3 doivent être calculées
- ★ On obtient 1 ou 3 solutions réelles

Estimation, méthodes non-linéaires

- ★ L'erreur résiduelle sur la loi fondamentale n'a pas de sens physique
- ★ Critère des distances entre les points et les droites épipolaires :

$$\sum_{j=1}^m (d^2(q'_j, F q_j) + d^2(q_j, F^t q'_j))$$

- ★ Erreur de reprojection :

$$\sum_{j=1}^m (d^2(q_j, \hat{q}_j) + d^2(q'_j, \hat{q}'_j))$$

où $\{\hat{q}_j \leftrightarrow \hat{q}'_j\}$ sont les points reprojetés

- ★ La minimisation non-linéaire est souvent effectuée avec la méthode itérative de Levenberg-Marquardt
- ★ La méthode linéaire fournit une initialisation
- ★ La paramétrisation de F n'est pas triviale

Détection de points d'intérêt

Détecteur de Harris et Stephen



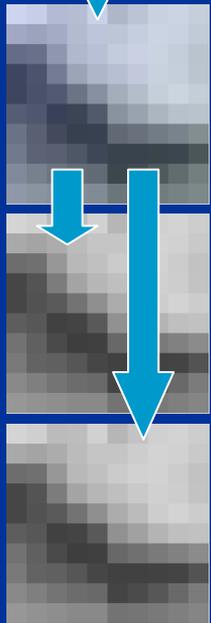
Appariement des points d'intérêt

Appariement par corrélation SSD



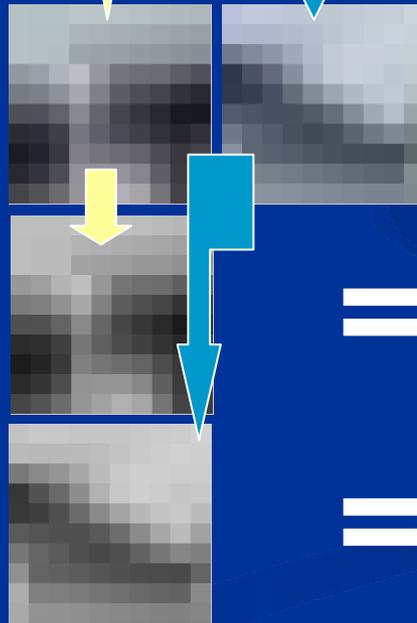
- ★ Pour $j_1 = 1, \dots, m_1$:
 - ▶ Pour $j_2 = 1, \dots, m_2$: calculer $c_{j_1, j_2} = \mathcal{R}(q_{1, j_1}, q_{2, j_2}, I_1, I_2)$
- ★ Répéter :
 - ▶ Trouver $(j_1, j_2) = \arg \min_{j_1, j_2} c_{j_1, j_2}$ avec c_{j_1, j_2} non marqué
 - ▶ Marquer c_{j_1, j_2}
 - ▶ Ajouter (j_1, j_2) dans la liste des appariements si la contrainte d'unicité est respectée

Mesures de corrélation



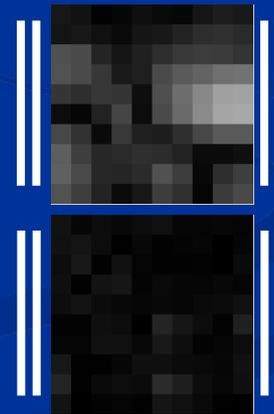
—

—



=

=



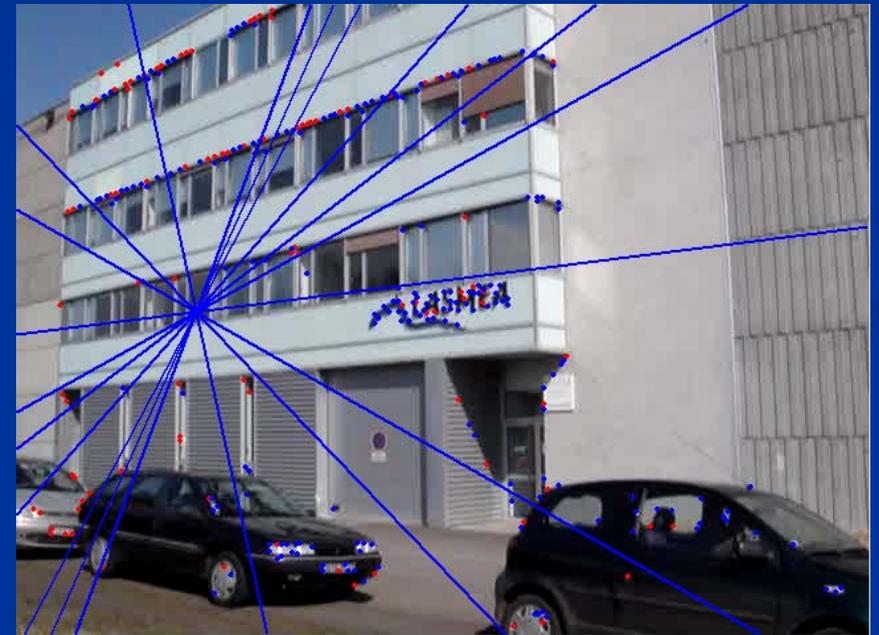
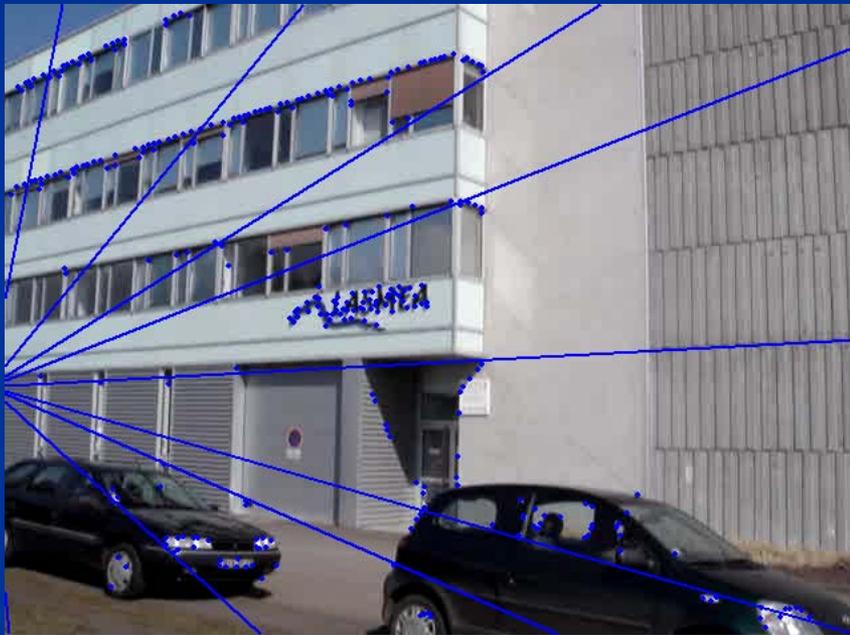
=

=

72,55

15,13

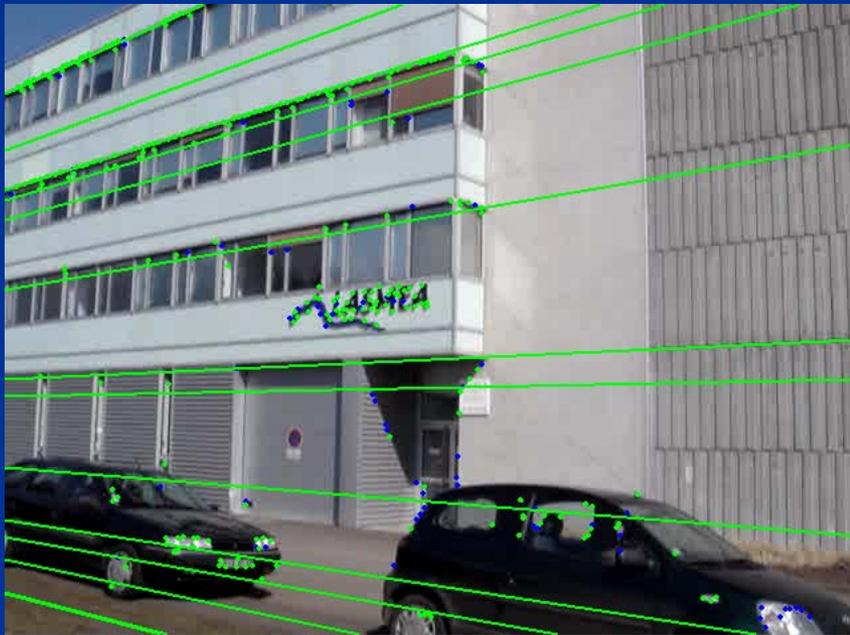
Estimation avec faux appariements



Estimation, méthode robuste

- ★ Méthode RANSAC (RANdom SAmple Consensus) :
 - ▶ Répéter N fois :
 - ◆ Sélectionner 7 correspondances au hasard
 - ◆ Estimer F
 - ◆ Calculer le nombre de correspondances compatibles
 - ▶ Choisir F telle que le nombre de correspondances compatibles soit maximisé
- ★ N est choisi en fonction du taux de correspondances erronées et de la probabilité désirée de réussite
- ★ N est remis à jour au cours des itérations
- ★ A l'issue de l'estimation robuste, deux étapes sont effectuées :
 - ▶ Estimation non-linéaire de F à partir de toutes les correspondances compatibles
 - ▶ Appariement guidé par les droites épipolaires

Résultat de l'estimation robuste



Appariements guidés



La base projective canonique

- ★ Une reconstruction projective 3D $(P, P', \{Q_j\})$ est définie par :

$$q_j \sim PQ_j \quad \text{et} \quad q'_j \sim P'Q_j$$

- ★ Soit H une matrice (4×4) représentant une homographie 3D, les reconstructions $(P, P', \{Q_j\})$ et $(PH, P'H, \{H^{-1}Q_j\})$ sont équivalentes car :

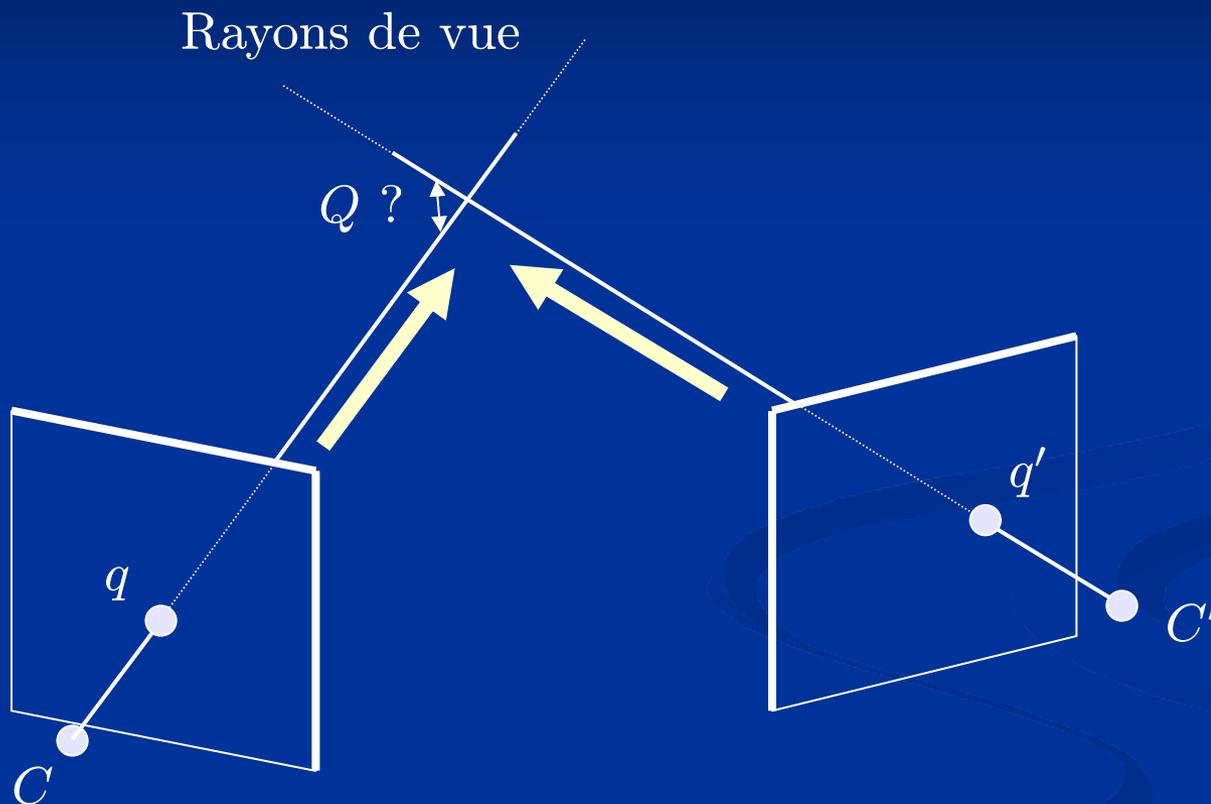
$$(PH)(H^{-1}Q_j) \sim PQ_j \sim q_j \quad \text{et} \quad (P'H)(H^{-1}Q_j) \sim P'Q_j \sim q'_j$$

- ★ H change la base projective 3D
- ★ H peut être choisie telle que :

$$\begin{aligned} P &\sim \begin{pmatrix} I & 0 \end{pmatrix} \\ P' &\sim \begin{pmatrix} [e']_{\wedge} F & e' \end{pmatrix} \end{aligned}$$

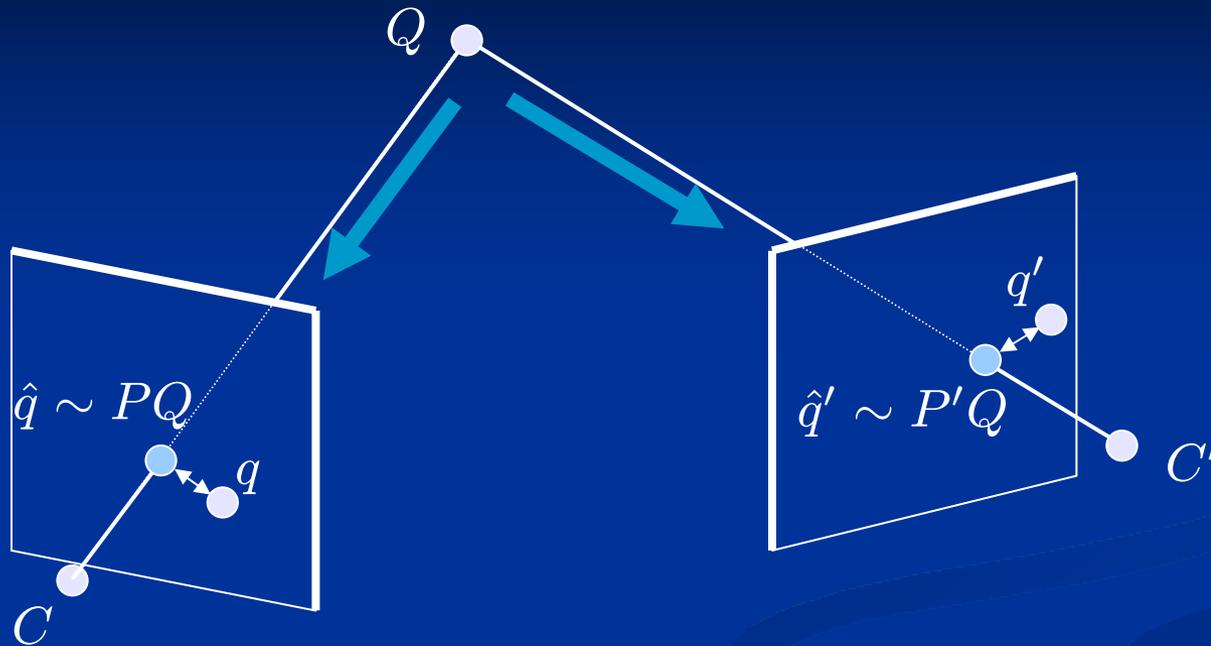
qui constituent la **base projective canonique**

Triangulation



- ★ A partir des caméras (P, P') et d'une correspondance $q \leftrightarrow q'$, trouver le point 3D $Q \in \mathbb{P}^3$ selon un certain critère
- ★ En espace projectif il n'y a pas de notion de distance

Un critère pour la triangulation



- ★ Il est préférable de considérer un critère exprimé dans les images
- ★ On considère l'**erreur de reprojection**, entre les points mesurés et les points **reprojetés** :

$$\mathcal{C} = \sqrt{\frac{1}{2} (d^2(q, PQ) + d^2(q', P'Q))}$$

- ★ Sous certaines hypothèses, minimiser \mathcal{C} est optimal
- ★ Les racines réelles d'un polynôme de degré 6 doivent être calculées

Méthode linéaire

★ On utilise la propriété $(q \sim \hat{q}) \Leftrightarrow (q \wedge \hat{q} = 0) \Leftrightarrow (S[q] \wedge \hat{q} = 0)$ avec

$$S = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 \end{pmatrix}$$

★ On minimise le critère suivant :

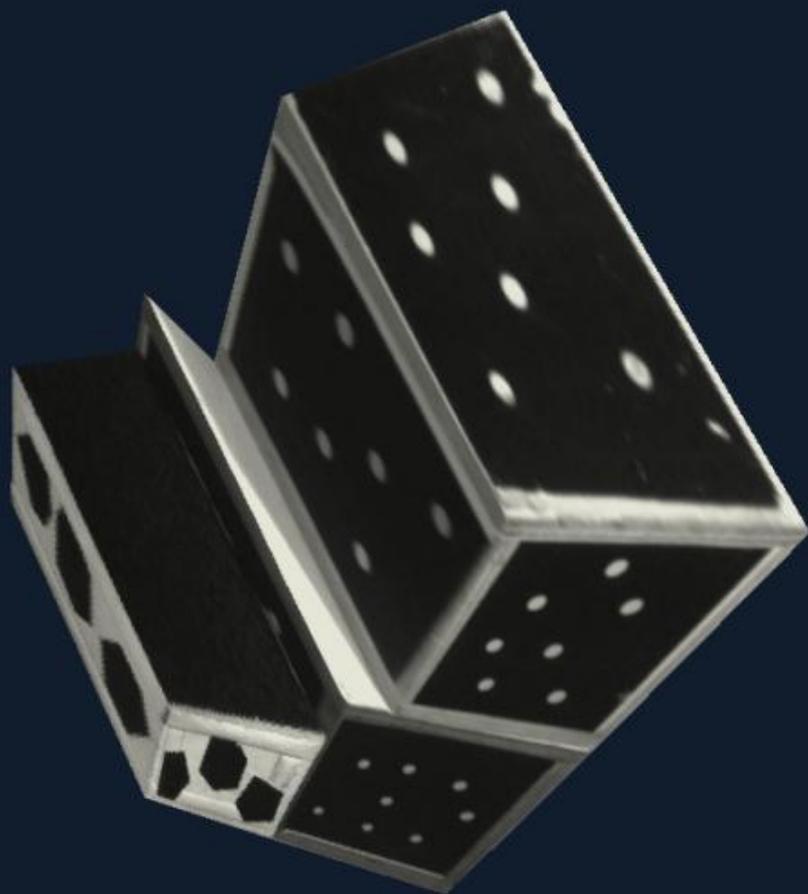
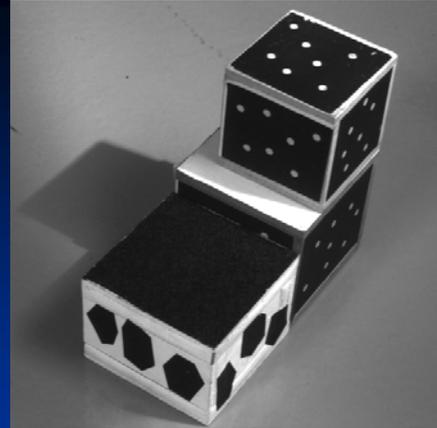
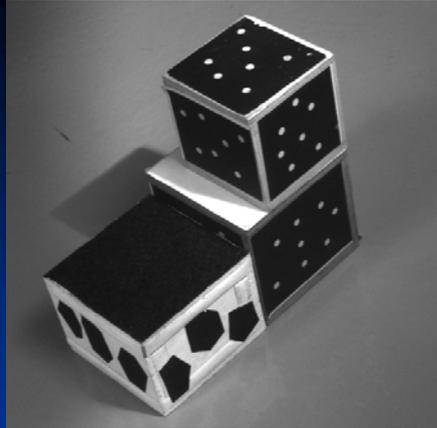
$$\begin{aligned} \mathcal{D} &= \|S[q] \wedge \hat{q}\|^2 + \|S[q'] \wedge \hat{q}'\|^2 \\ &= \|S[q] \wedge PQ\|^2 + \|S[q'] \wedge P'Q\|^2 \\ &= \|AQ\|^2 \quad \text{avec} \quad A = \begin{pmatrix} S[q] \wedge P \\ S[q'] \wedge P' \end{pmatrix} \end{aligned}$$

★ La solution est donnée par le vecteur singulier associé à la plus petite valeur singulière de A

★ Les points image doivent être normalisés dans une image de dimension unité

Ajustement de faisceaux

- Minimisation de l'erreur de reprojection sur les paramètres des caméras et de la structure 3D
- Utilisation de moindres carrés non-linéaires, méthodes de Gauss-Newton et Levenberg-Marquardt



Multi-vues

Plan

- ★ Vue générale du système
- ★ Reconstruction 3D projective
- ★ Auto-calibrage

Vue générale d'un système de reconstruction 3D non calibrée

Extraction et suivi de points $\Rightarrow \{q_{ij}\}$



Calcul de relations multi-vues $\Rightarrow \{F_{ii'}\}$



Reconstruction projective $\Rightarrow (\{P_i\}, \{Q_j\})$



Auto-calibrage $\Rightarrow (\{K_i, R_i, t_i\}, \{Q_j\})$

$i = 1, \dots, n$ est l'indice des images et $j = 1, \dots, m$ est l'indice des points

Le repère 3D est arbitraire

$$\hat{q}_{ij} \sim P_i Q_j$$

$$\hat{q}_{ij} \sim (P_i Y)(Y^{-1} Q_j) \quad \text{avec} \quad Y_{4 \times 4}$$

$$\hat{q}_{ij} \sim P'_i Q'_j$$

Les différentes strates

- Strate Euclidienne :
 - Distances absolues

$$Y^E \sim \begin{pmatrix} R & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



- Strate métrique :
 - Distances relatives
 - Angles

$$Y^M \sim \begin{pmatrix} \alpha R & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



- Strate affine :
 - Parallélisme
 - Distances relatives le long d'une direction

$$Y^A \sim \begin{pmatrix} \bar{A} & t \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$



- Strate projective :
 - Birapport

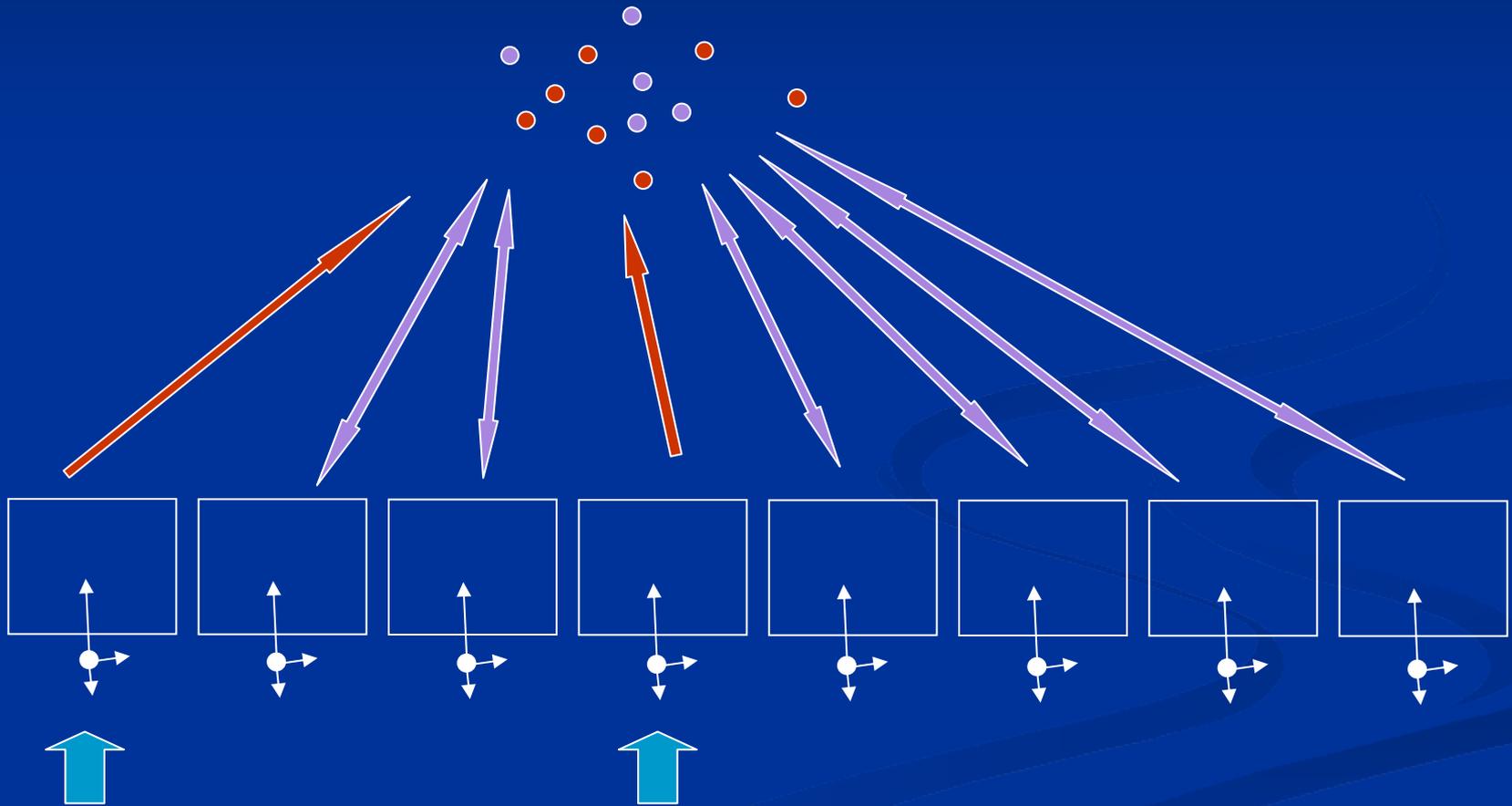
$$Y^P \sim H \sim \begin{pmatrix} \bar{H} & h_1 \\ h_2^t & h \end{pmatrix}$$



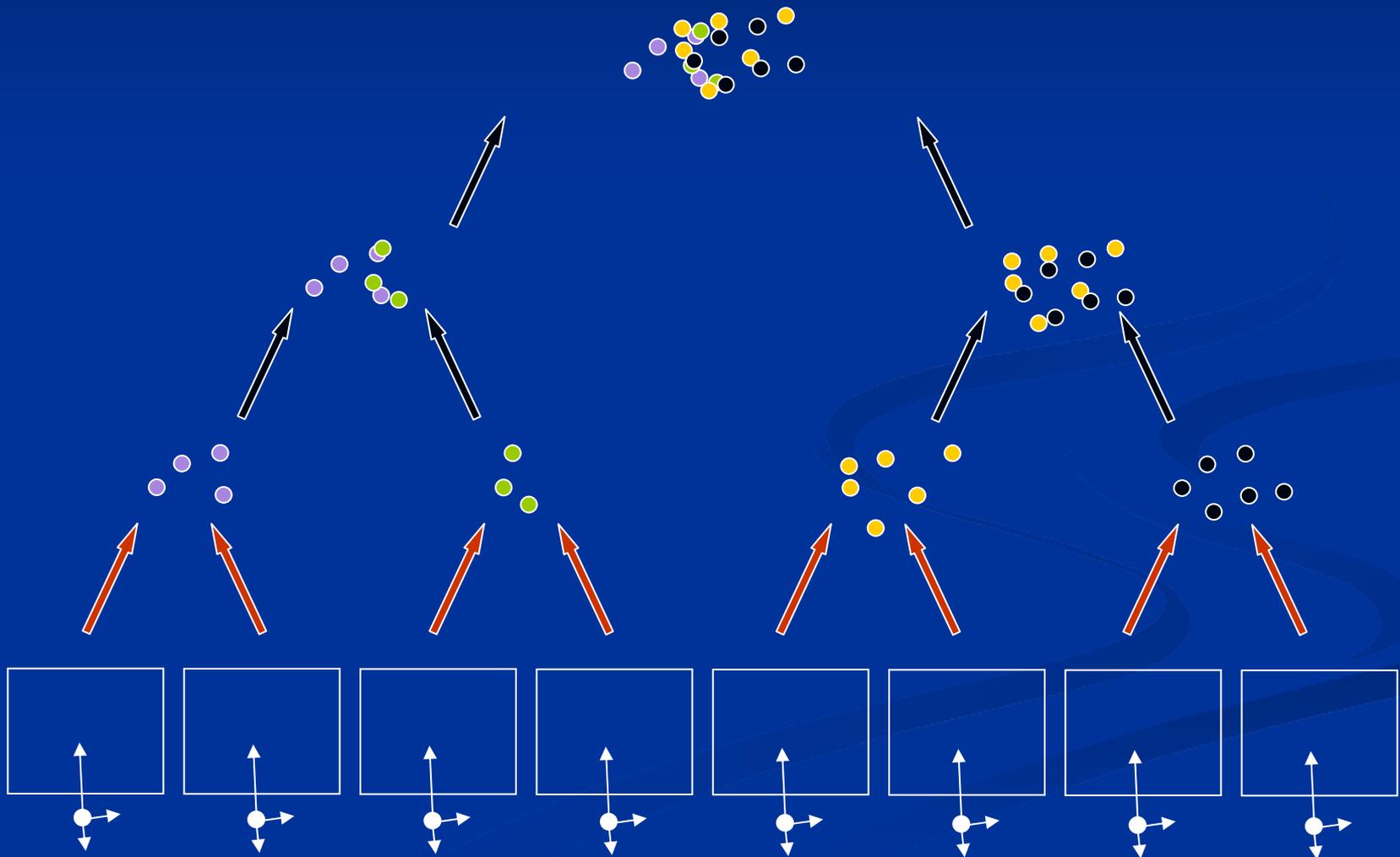
Stratégies de reconstruction 3D projective

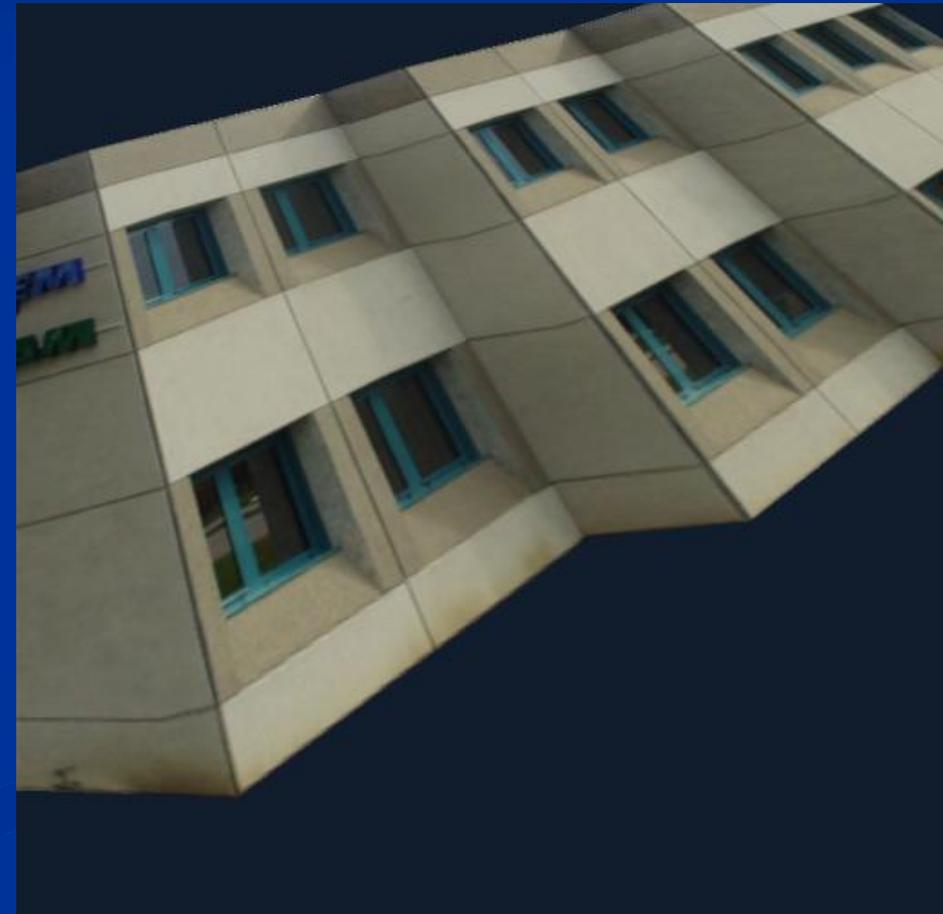
- Algorithmes “batchs”
- Algorithmes incrémentaux
- Algorithmes hiérarchiques

Algorithmes incrémentaux



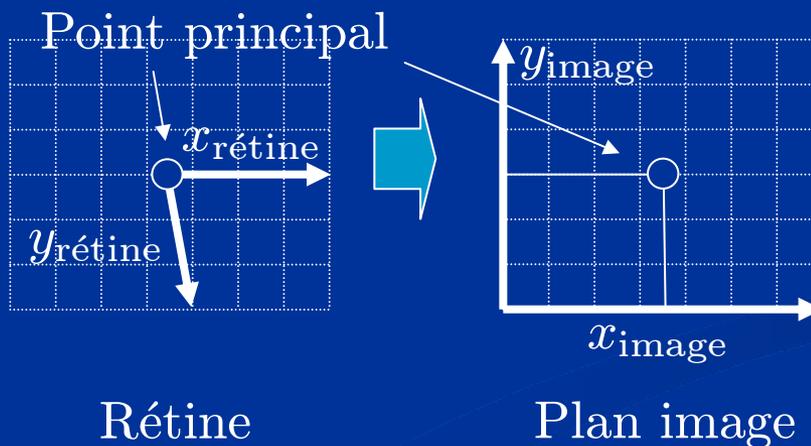
Algorithmes hiérarchiques





Auto-calibrage

- Utilisation de contraintes sur les caméras, typiquement :
 - Rapport d'aspect unité
 - Angle droit entre les axes
 - Point principal au centre de l'image
 - Distance focale variable



$$K_i \sim \begin{pmatrix} f_i & & \\ & f_i & \\ & & 1 \end{pmatrix}$$

Auto-calibrage

★ On cherche la transformation projective H telle que :

$$P_i H \sim \begin{pmatrix} f_i & & \\ & f_i & \\ & & 1 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} R_i & t_i \\ & & \end{pmatrix}$$

★ On ne garde que la première partie (3×3) des équations :

$$P_i \bar{H} \sim \begin{pmatrix} f_i & & \\ & f_i & \\ & & 1 \end{pmatrix} R_i$$

qui implique :

$$P_i \bar{H} \bar{H}^t P_i^t \sim \begin{pmatrix} f_i & & \\ & f_i & \\ & & 1 \end{pmatrix} R_i R_i^t \begin{pmatrix} f_i & & \\ & f_i & \\ & & 1 \end{pmatrix} \sim \begin{pmatrix} f_i^2 & & \\ & f_i^2 & \\ & & 1 \end{pmatrix}$$

★ La matrice (4×4) $\Omega \sim \bar{H} \bar{H}^t$ est la **quadrique absolue** dans le repère de la reconstruction projective

★ Elle est symétrique et de rang 3

Estimation linéaire

- ★ On définit $p_{i,k}^t$ la k -ème ligne de P_i :

$$P_i \sim \begin{pmatrix} p_{i,1}^t \\ p_{i,2}^t \\ p_{i,3}^t \end{pmatrix}$$

- ★ On obtient les équations linéaires suivantes :

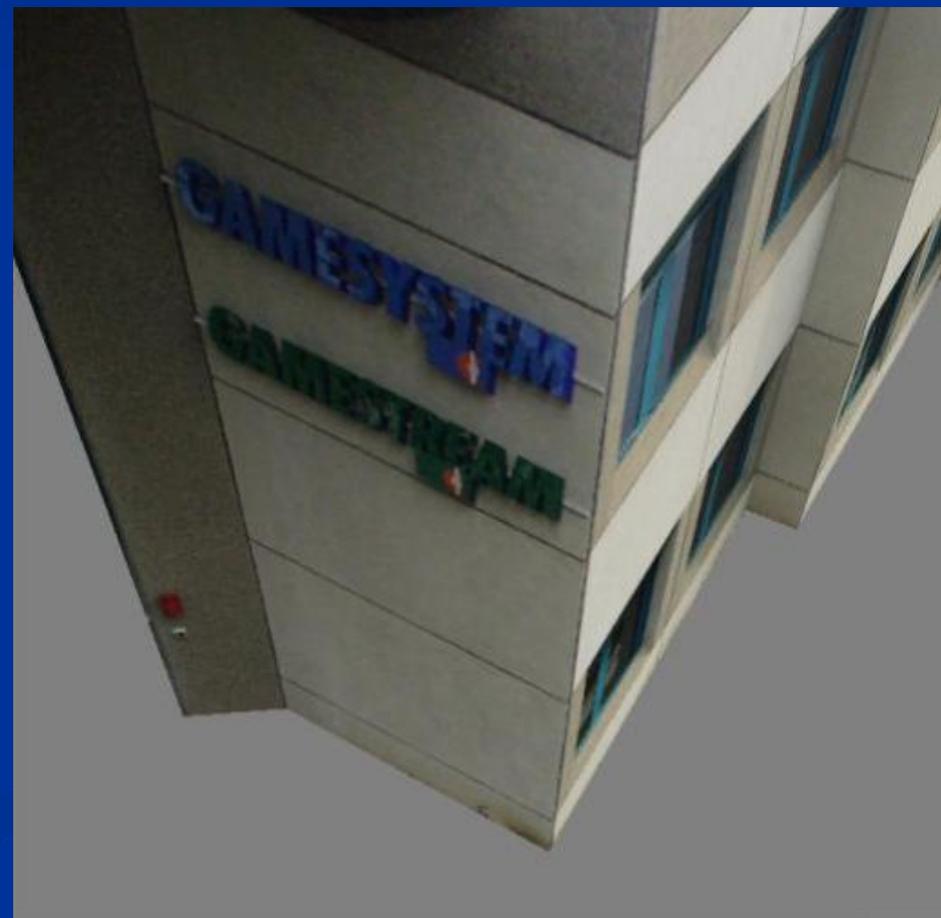
$$p_{i,1}^t \Omega p_{i,2} = 0$$

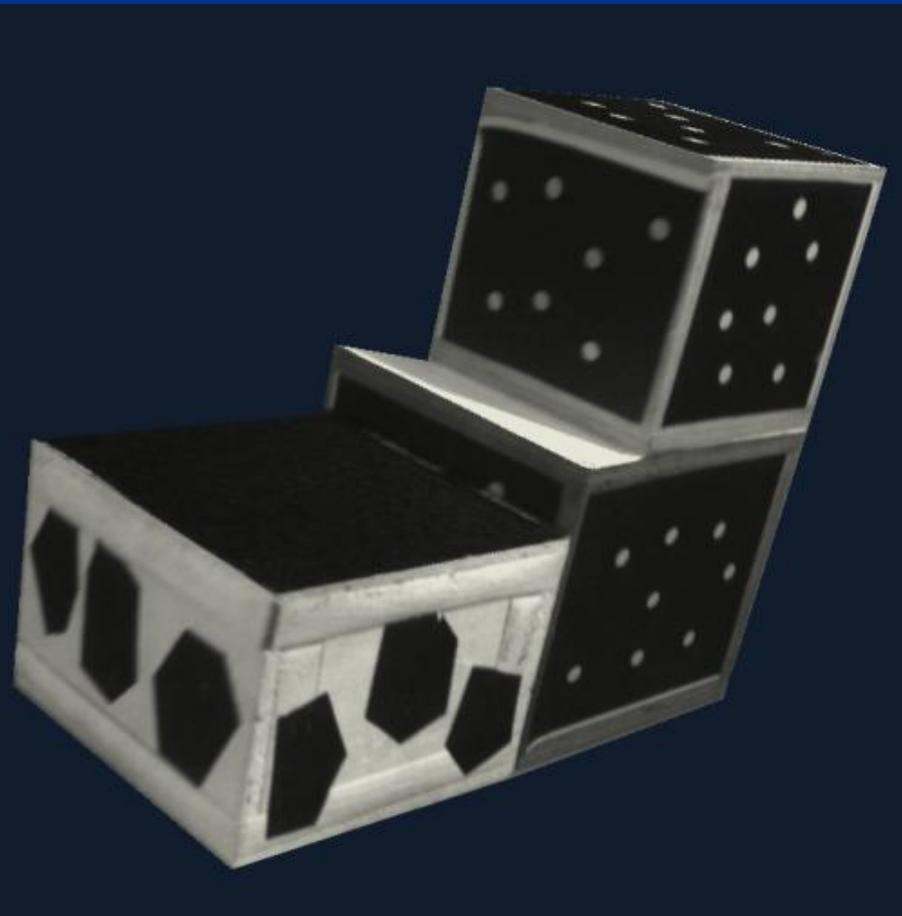
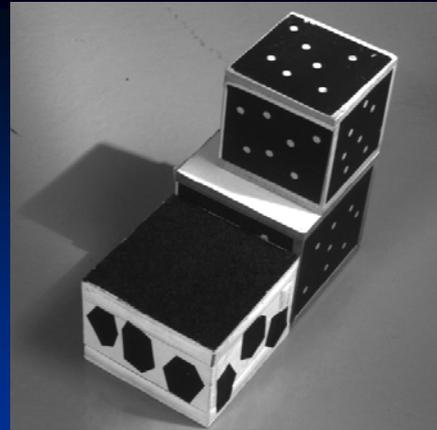
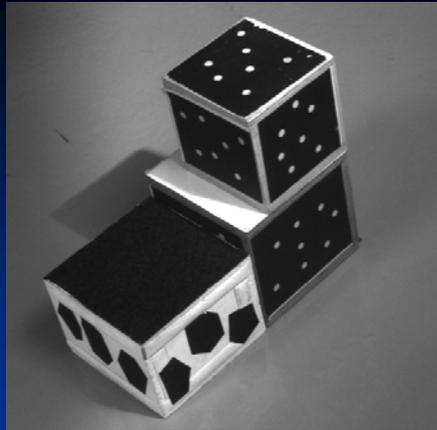
$$p_{i,1}^t \Omega p_{i,3} = 0$$

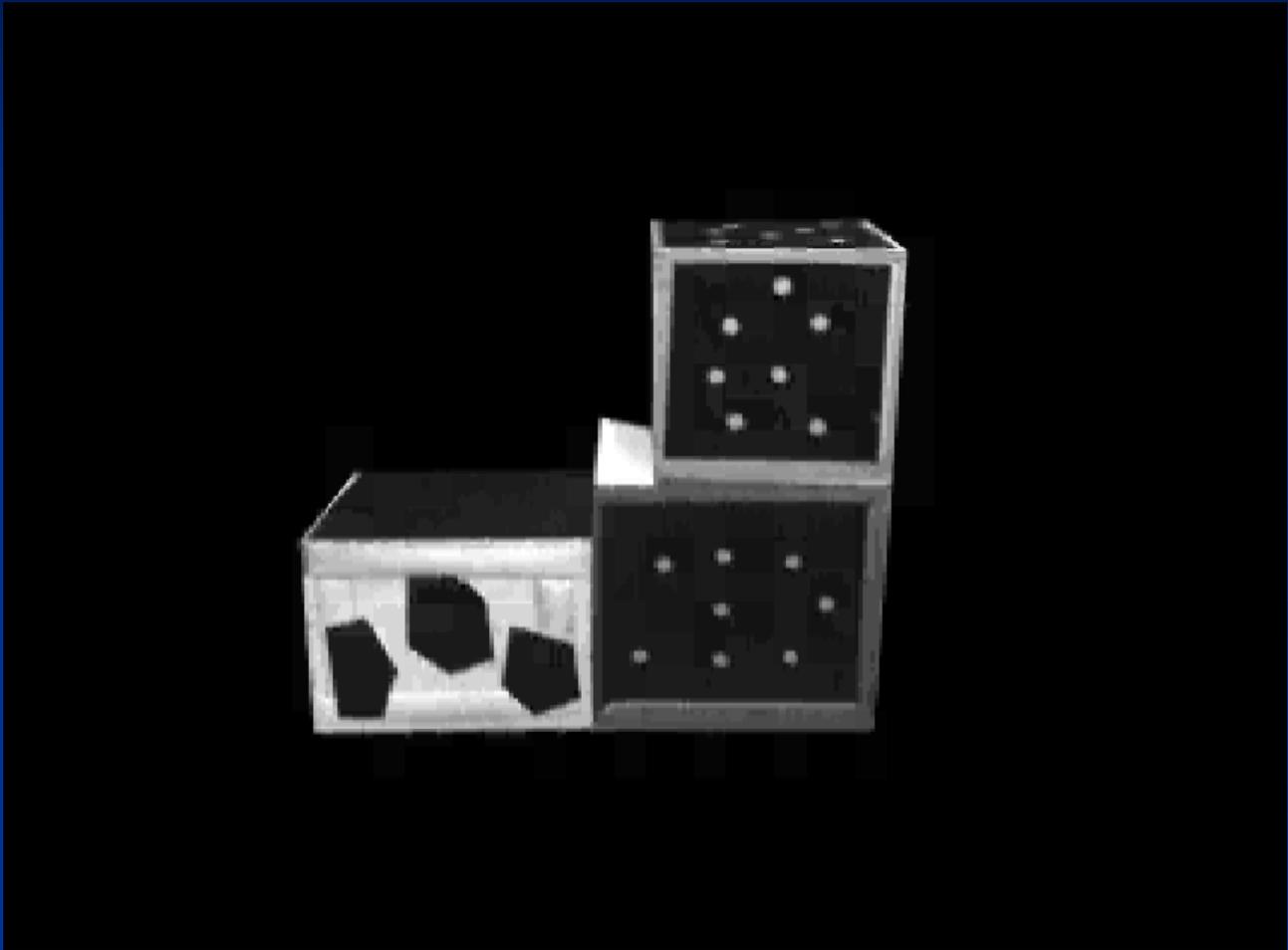
$$p_{i,2}^t \Omega p_{i,3} = 0$$

$$p_{i,1}^t \Omega p_{i,1} - p_{i,2}^t \Omega p_{i,2} = 0$$

- ★ Une solution est trouvée par moindres carrés
- ★ Attention, l'auto-calibrage est sujet à de nombreux cas singuliers



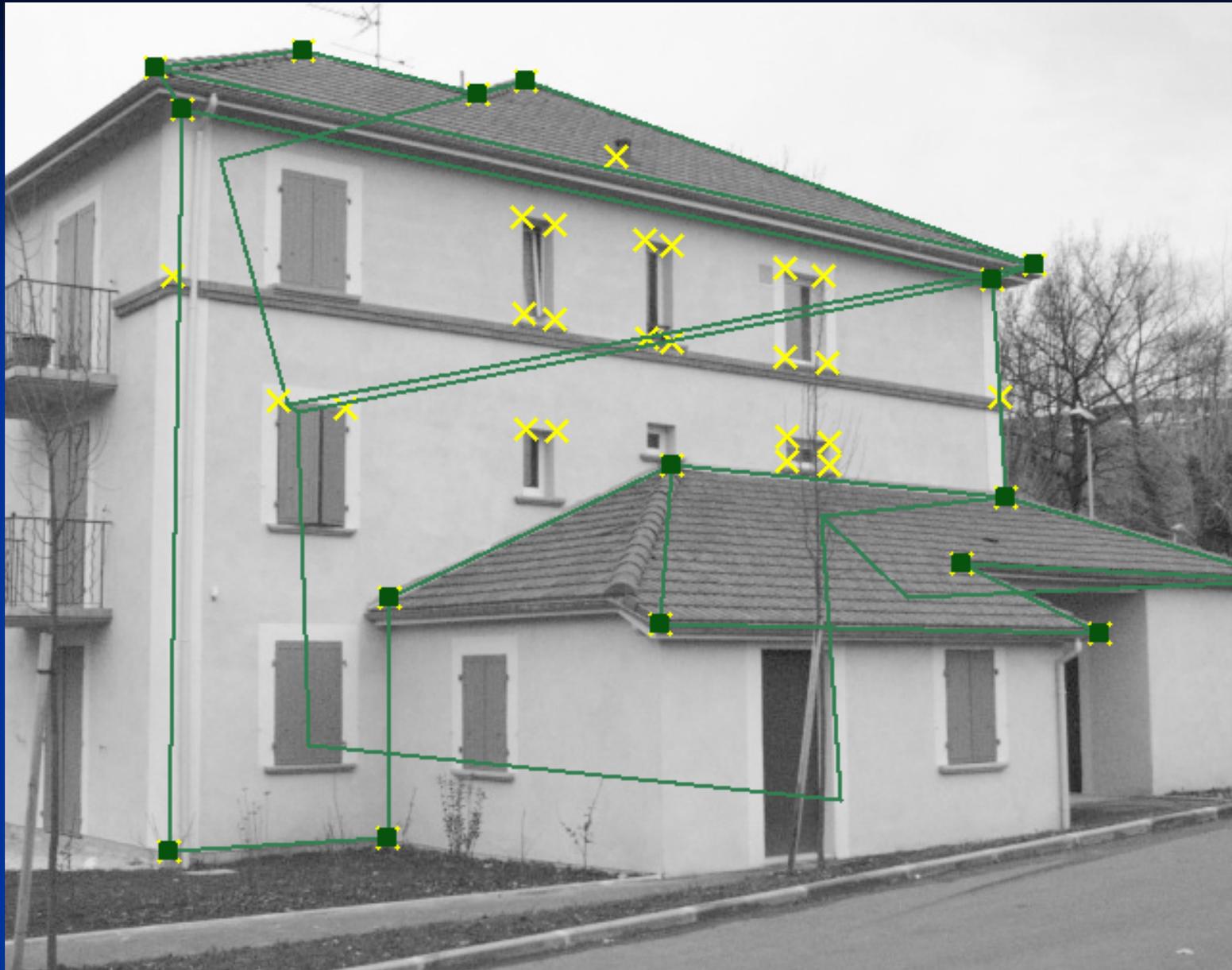


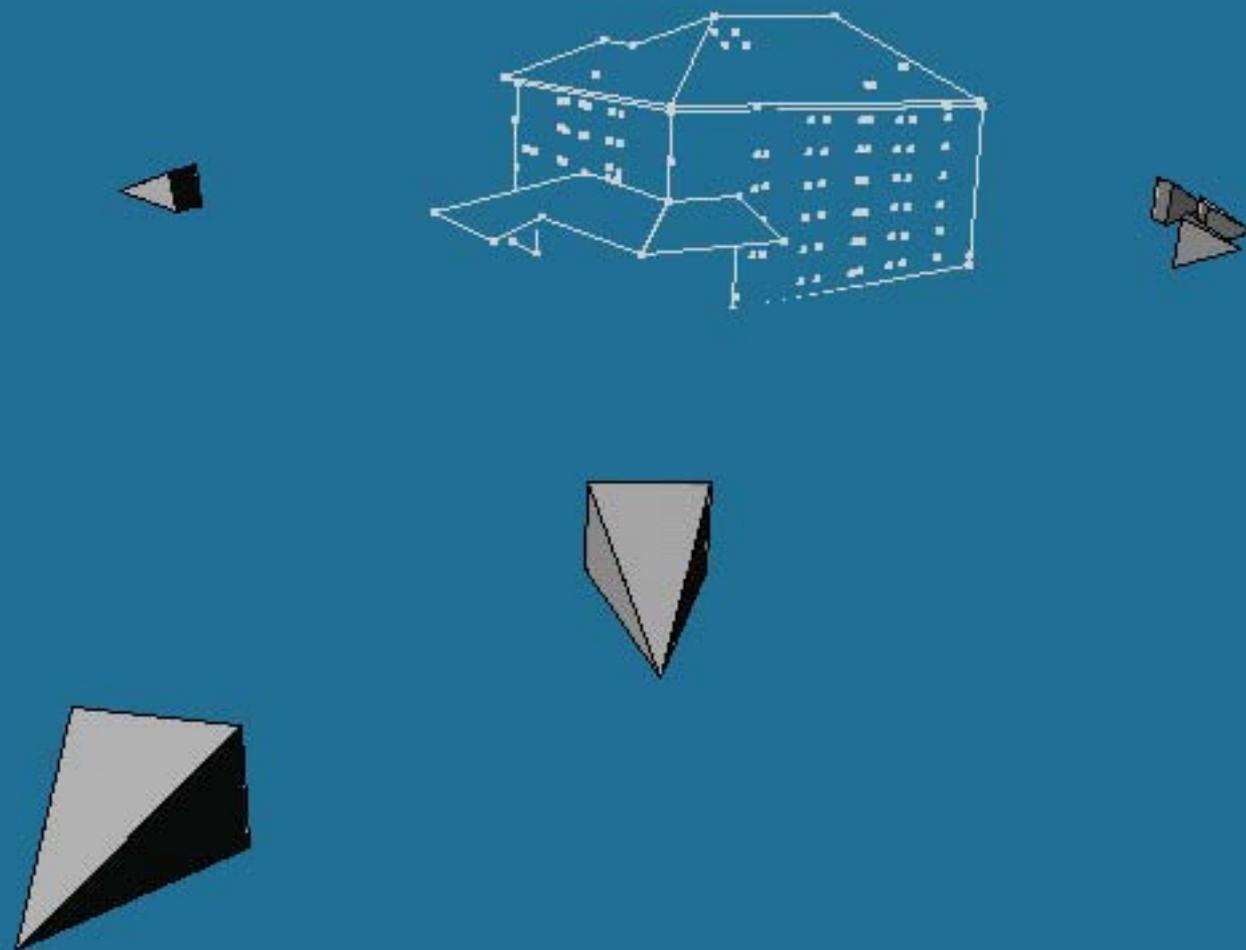


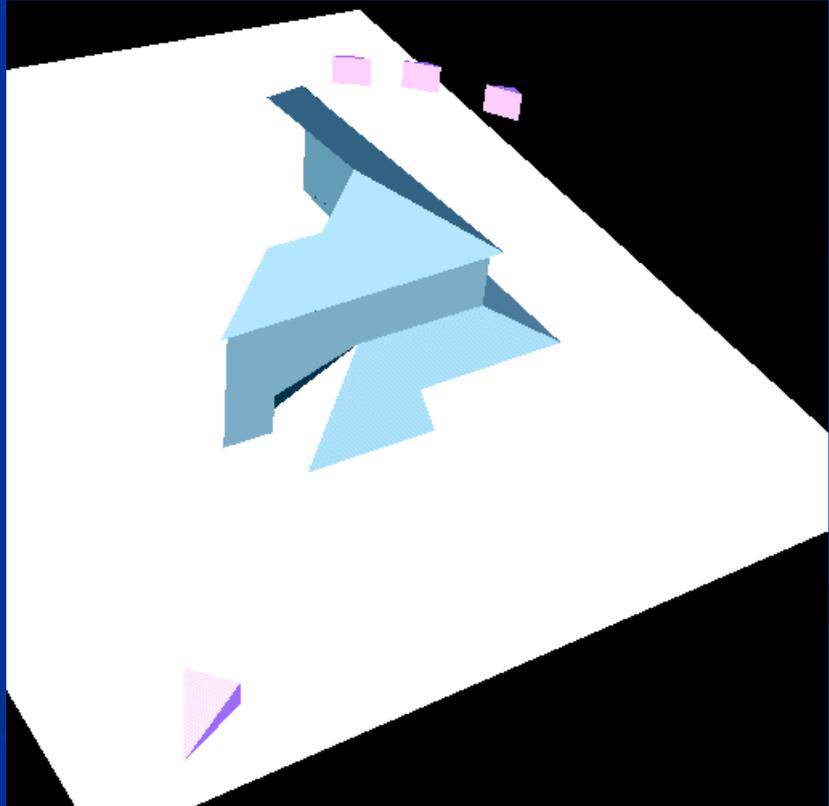
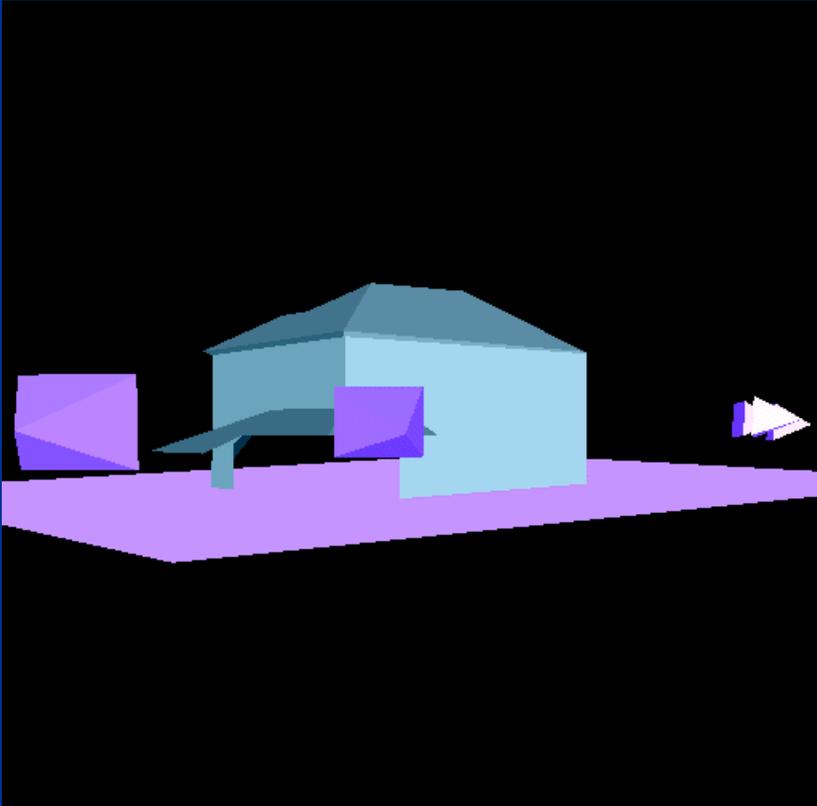
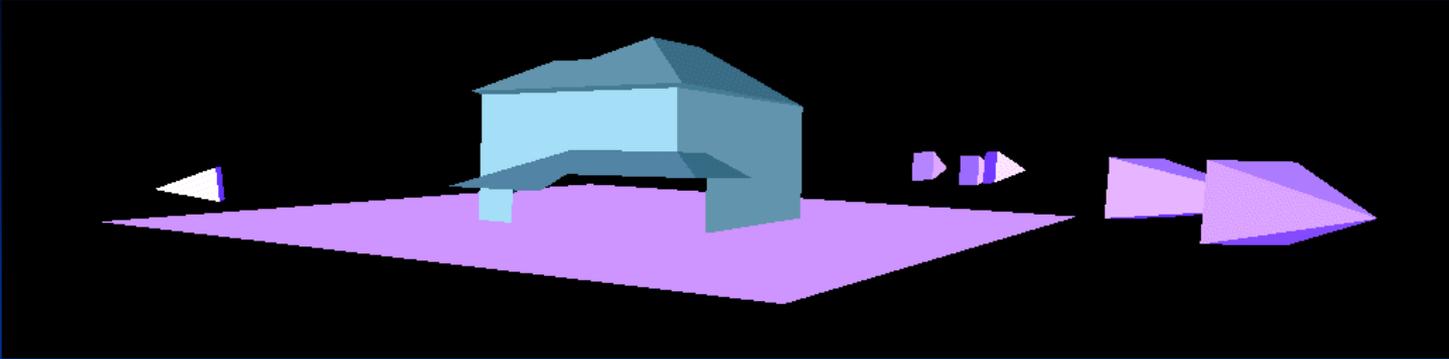




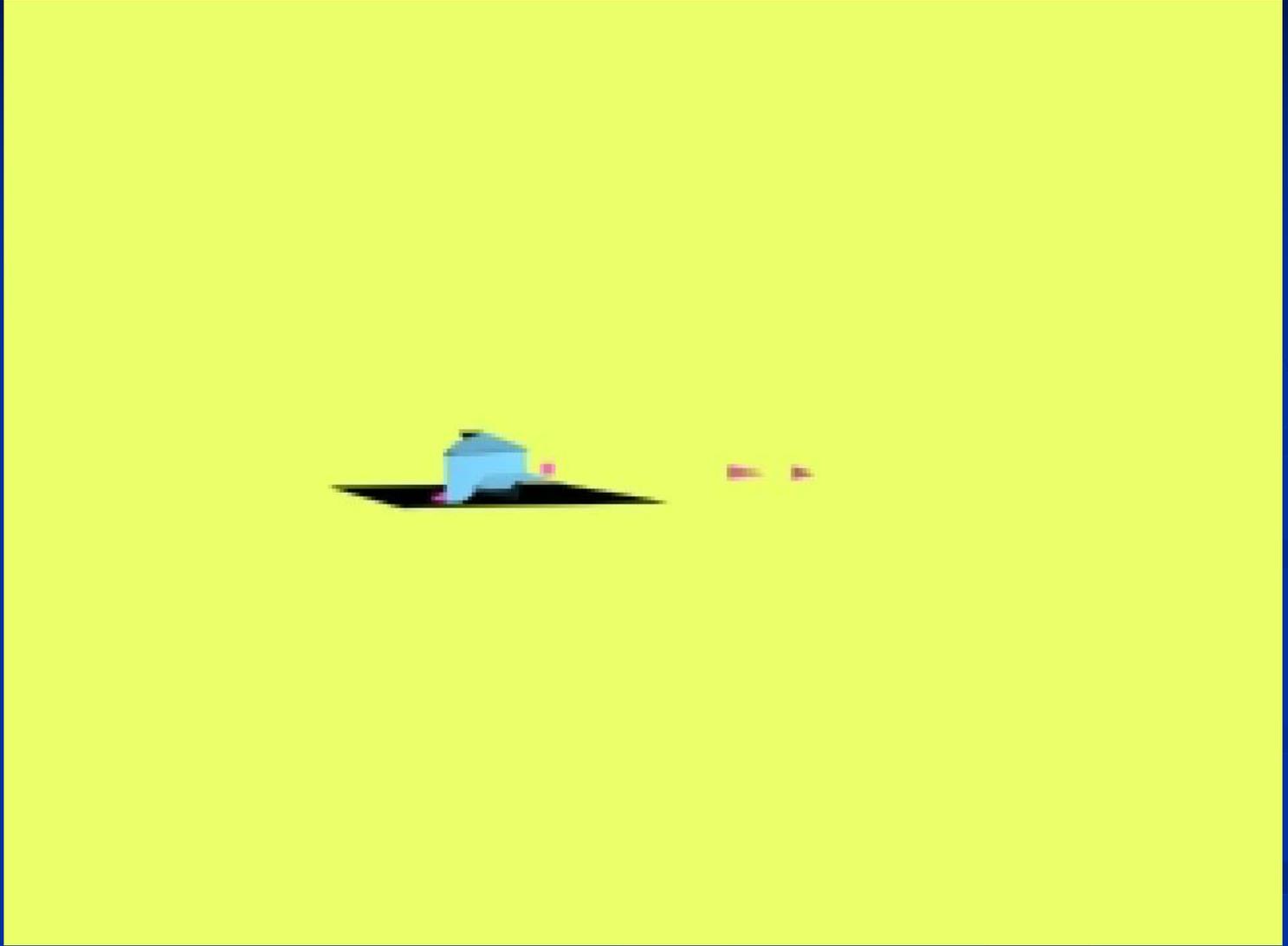






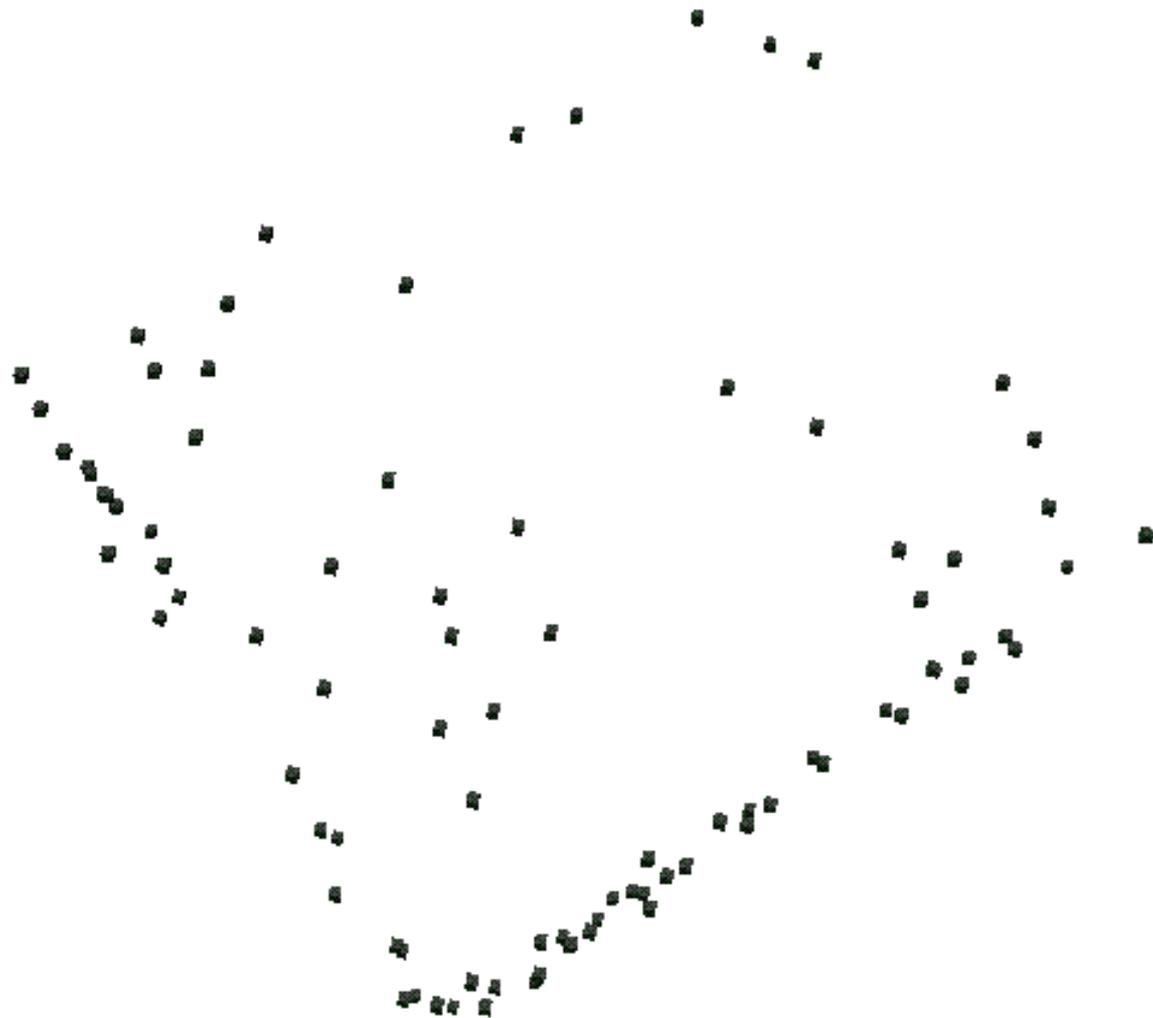


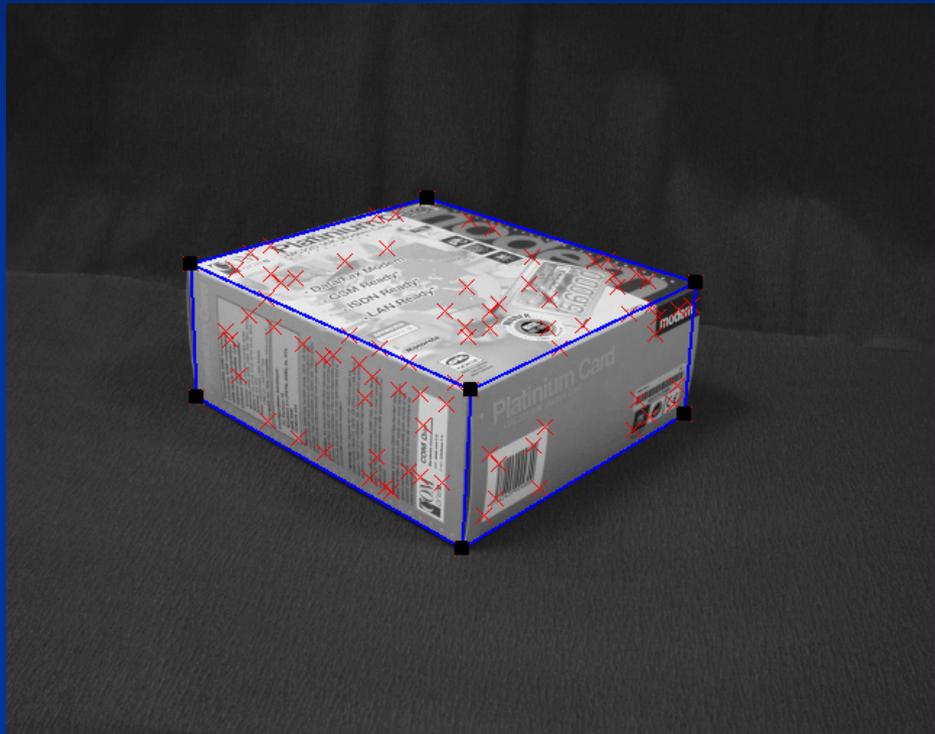




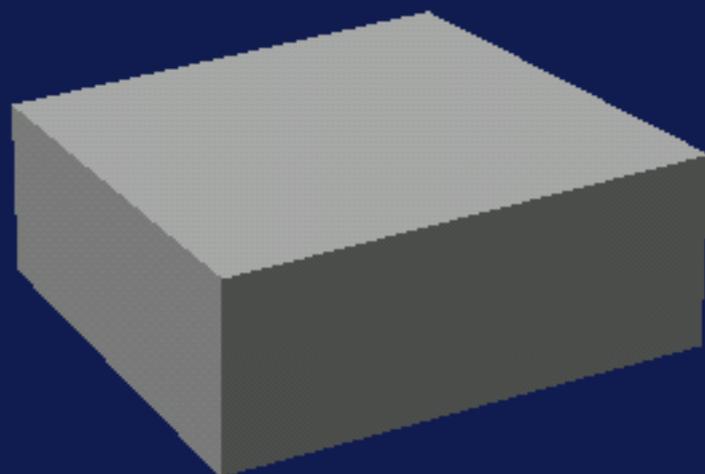
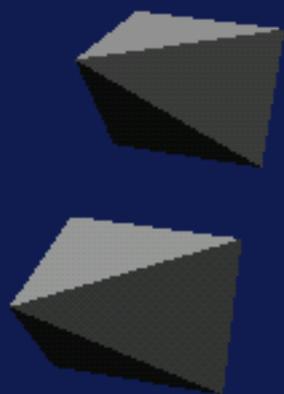


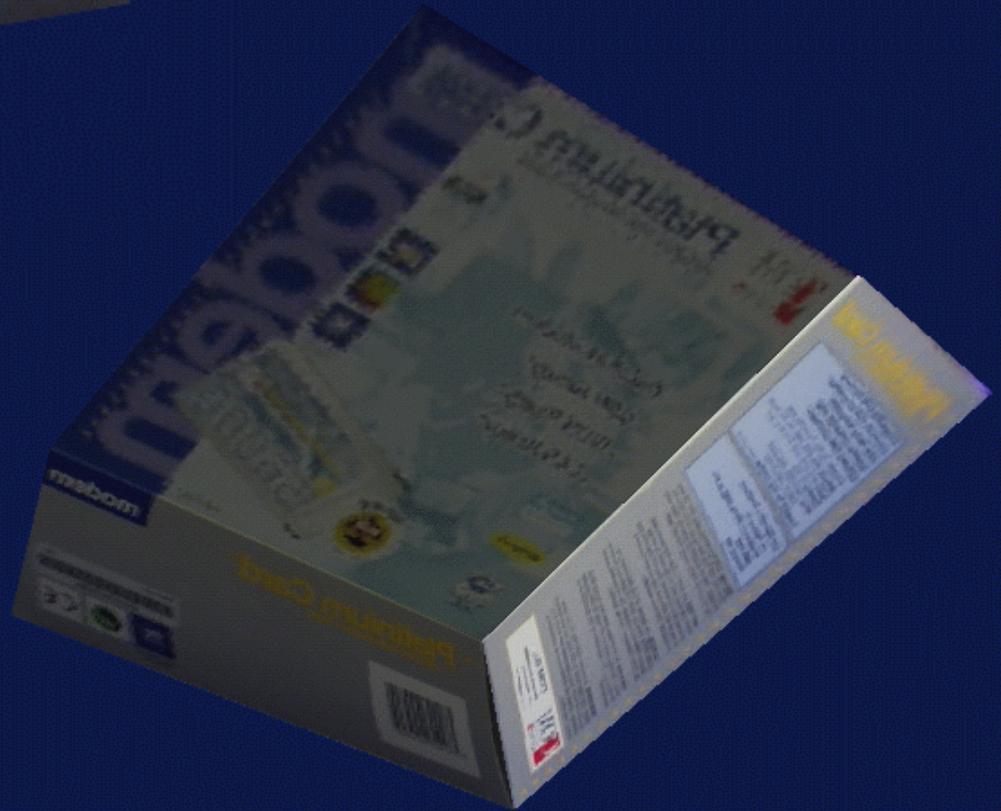












Partie II :
Vision en environnement
déformable

Une Structure 4D

- La structure observée varie au cours du temps
- La contrainte de rigidité doit être remplacée par des connaissances a priori sur la structure
- Ces contraintes doivent être fortes pour permettre la reconstruction $3D+t$

Scénarios

- **3D à partir de 3D**

Usage de plusieurs caméras, *e.g.* [Vedula *et al.* '99]
montre comment calculer le flot 3D

- **2D à partir de 2D**

Calcul de transformations image, *e.g.* les Thin-Plate Splines [Bookstein '89]

- **3D à partir de 2D**

Nécessite un modèle très contraint, *e.g.* un modèle de visage [Banz and Vetter '99]

2D à partir de 2D

SARKOZY au secours

« TU L'AS L'AS, TOI,
TU ME L'AS AGRIER
FAIT AVALLER. »



« Pour éviter
une débauche, Raffarin
propose à Sarkozy
de faire tandem »

« Bernadette Chirac
s'affiche avec le
ministre de l'intérieur »

« Révis des traités
à gauche et à droite »

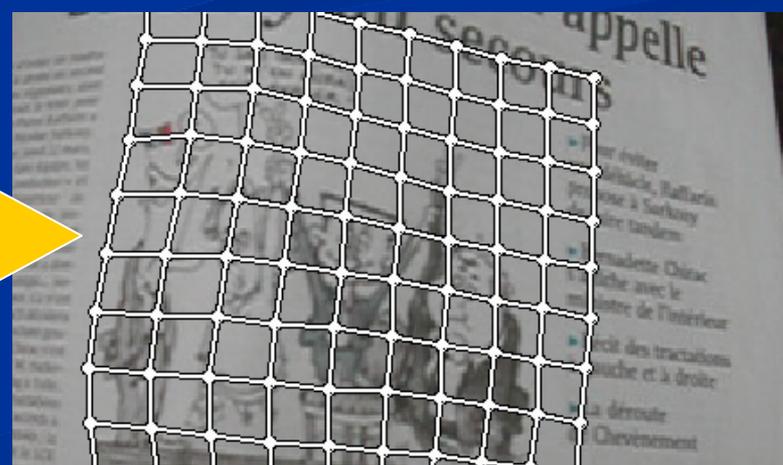
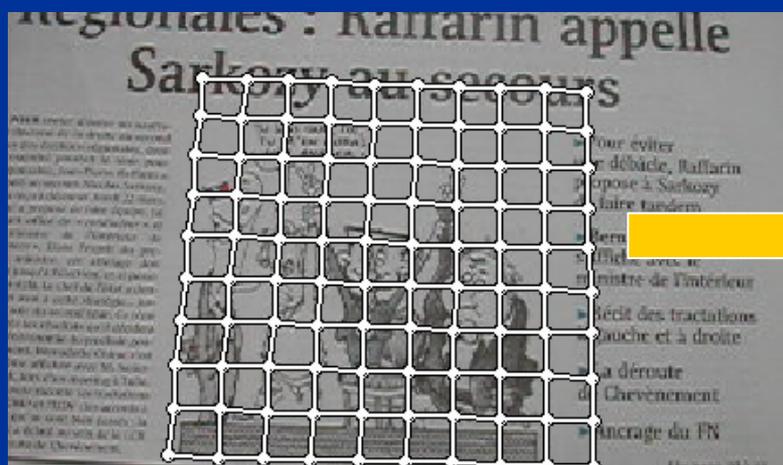
« La déroute
de Chevènement »

« Ancrage de FN »

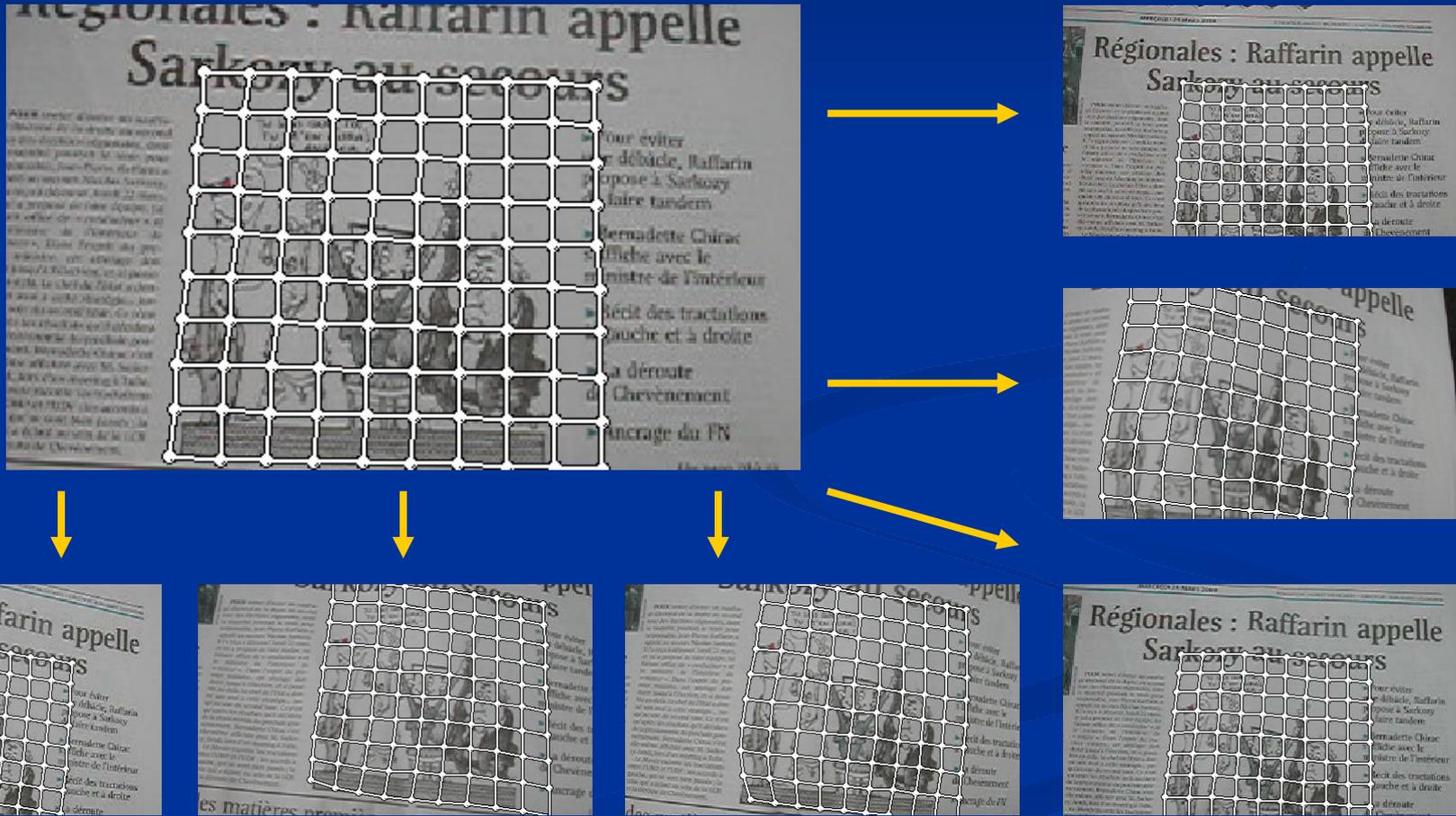
POUR éviter d'être un simple
jeu d'échecs de la droite au pouvoir
avec des élections séparées, c'est
le moment pour le tout pour
tous... Jean-Pierre Raffarin a
appelé un certain Nicolas Sarkozy
et l'a reçu à déjeuner, mardi 22 mars.
Et lui a proposé de faire tandem, les
deux effectifs de « candidat » et
le ministre de l'intérieur de
« ministre ». Dans l'après-midi, les
deux hommes ont travaillé dans
une salle pour l'Élysée, et il semble
que tout va bien. Le chef de l'État a donc
eu son avis sur cette stratégie... Les
deux ont travaillé ensemble tout ce week-end
après les ministères de l'intérieur
de la présidence du conseil pour
l'ensemble. Bernadette Chirac s'est
elle-même affichée avec M. Sarkozy
le 24 mars, lors d'un meeting à Tulle.
Le mariage de Sarkozy et Chirac, un mariage à
gauche, qui ne sera bien passé, le
côté qui a décidé un vote de la CCR
et la déroute de Chevènement.

des...

Calcul de transformations denses



Alignement sur une image de référence



Plan

- Alignement de deux images
- Résultats expérimentaux
- Alignement de séquences d'images
- Résultats expérimentaux

Différentes approches

- Flot optique régularisé
 - Contrainte de faible rang
 - Apprentissage d'une base linéaire
 - ...
- Transformation paramétrée
 - Méthodes directes
 - Correspondances de primitives (points, courbes)
 - Transformations rigides (affine, homographie)
 - Transformations non-rigides (à base radiale)

Approche

- Transformation non-rigide paramétrée
- Flot optique régularisé de manière non-linéaire
- Utilisation d'une transformation à base radiale

MATLAB demo

Transformations à base radiale



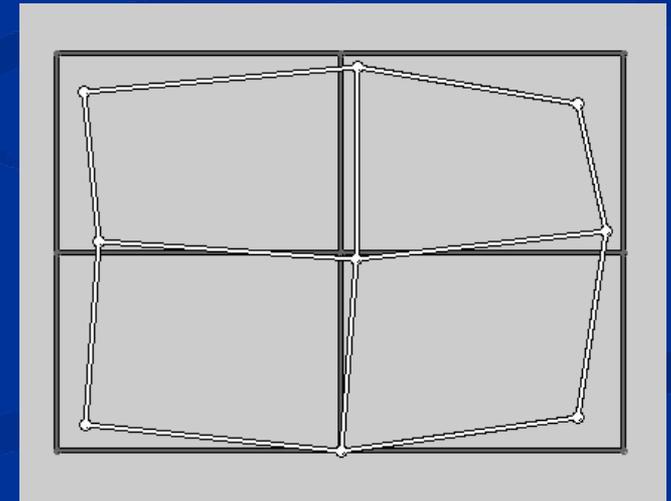
m



■ $x' = m(x)$

■ Paramètres :

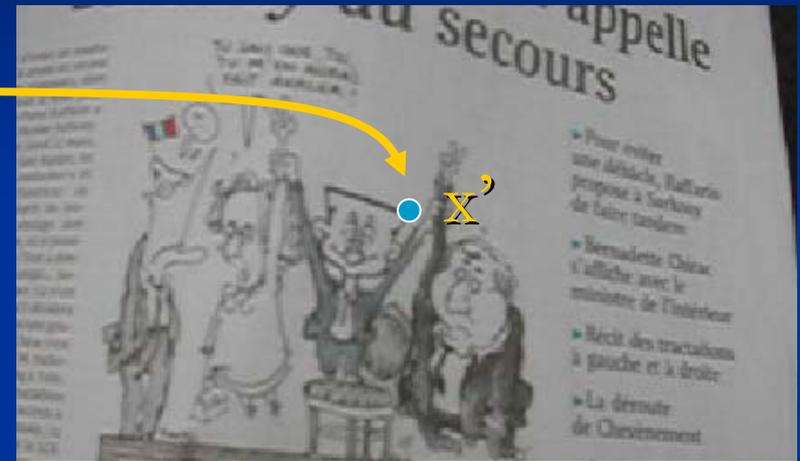
- Nombre de centres l
- Position des centres q ($2l$ paramètres)
- Jeu de coefficients w ($2l$ paramètres)



Hypothèse de constance d'intensité



m



m



Estimation directe



m



$\min_{l,q,w}$



$E(l,q,w)$

Stratégie pour la minimisation

- Problème : on doit minimiser sur
 - $l \in \mathbb{N}$ (nombre de centres)
 - $\mathbf{q} \in \mathbb{R}^{2l}$ (position des centres)
 - $\mathbf{w} \in \mathbb{R}^{2l}$ (jeu de coefficients)
- Stratégie
 - Minimiser de manière indépendante sur l et (\mathbf{q}, \mathbf{w})
 - Fixer l , puis minimiser sur (\mathbf{q}, \mathbf{w})

Insertion dynamique de centres

- Idée : si l'alignement n'est pas satisfaisant, alors le nombre de centres est insuffisant
- Les centres sont insérés là où l'alignement est le plus mauvais

- Initialisation
 - Estimer une transformation affine
 - Pas de centre : $l \leftarrow 0$
- Répéter jusqu'à convergence
 - Insérer un centre : $l \leftarrow l + 1$
 - Résoudre : $\min_{\mathbf{q}, \mathbf{w}} E(l, \mathbf{q}, \mathbf{w})$

Simulation



- $\delta_R = 3$ pixels
- $\delta_{NR} = 2$ pixels
- $\sigma = 1$ (sur 256 niveaux de gris)



rigide δ_R

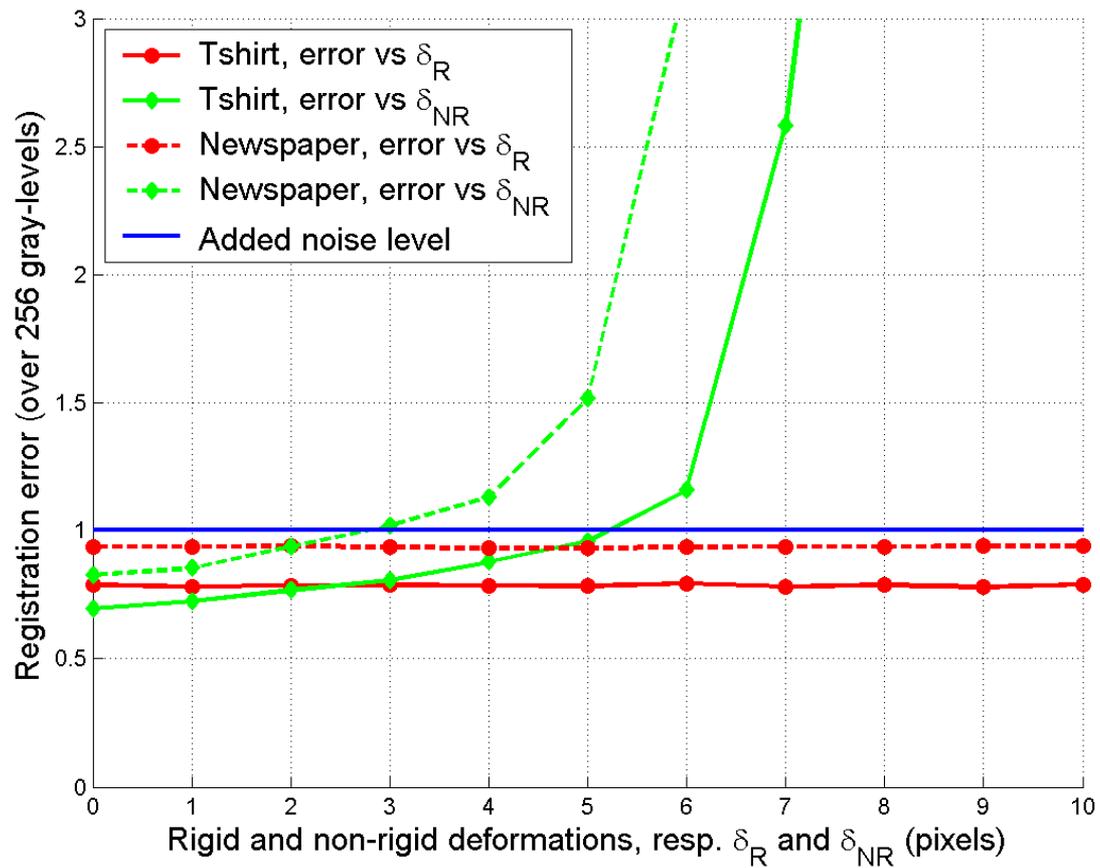


non-rigide δ_{NR}



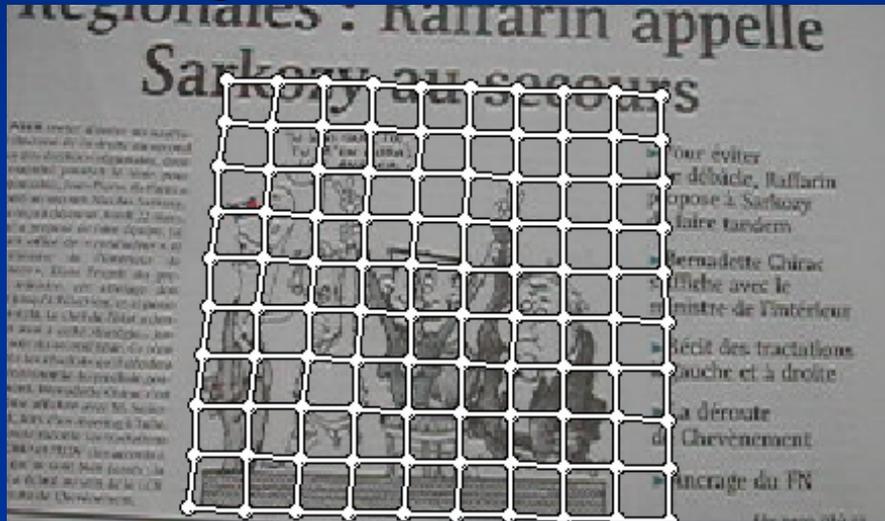
illumination + bruit σ

Résultats



Alignement de séquences d'images

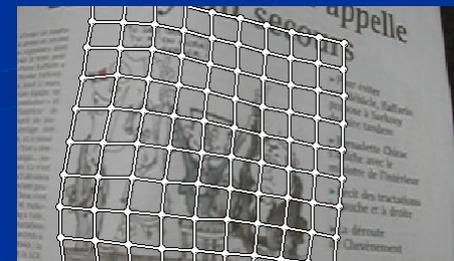
Image de référence, n°80



m_1



m_{25}



m_{150}



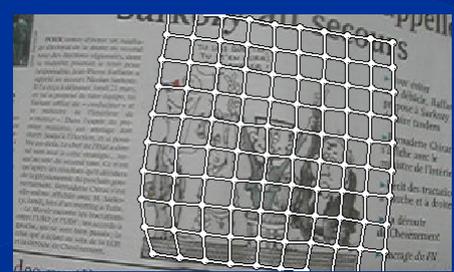
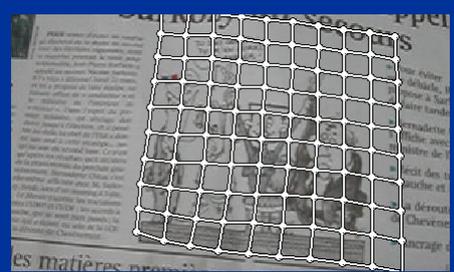
m_{224}



m_{200}



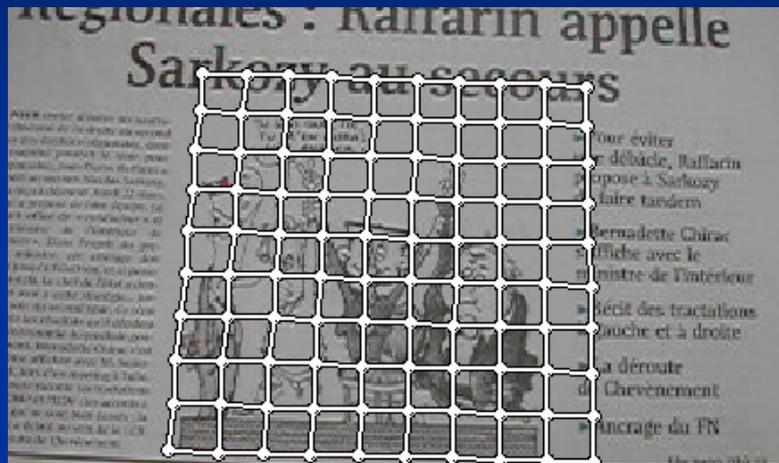
m_{175}



Problèmes

- L'alignement de deux images converge lorsque :
 - La déformation n'est pas « trop » forte
 - L'apparence change peu (illumination, ...)
- Idées :
 - Initialiser m_{i+1} par m_i
 - Mettre à jour l'apparence au cours de l'alignement

Mise à jour de l'apparence



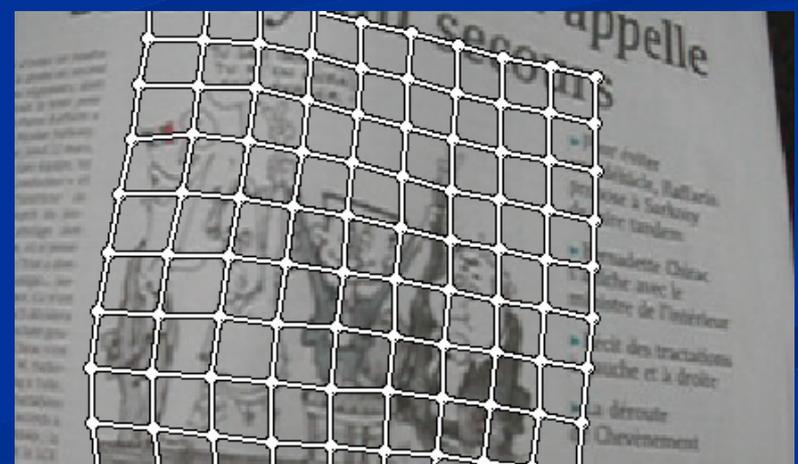
m_i



m_i

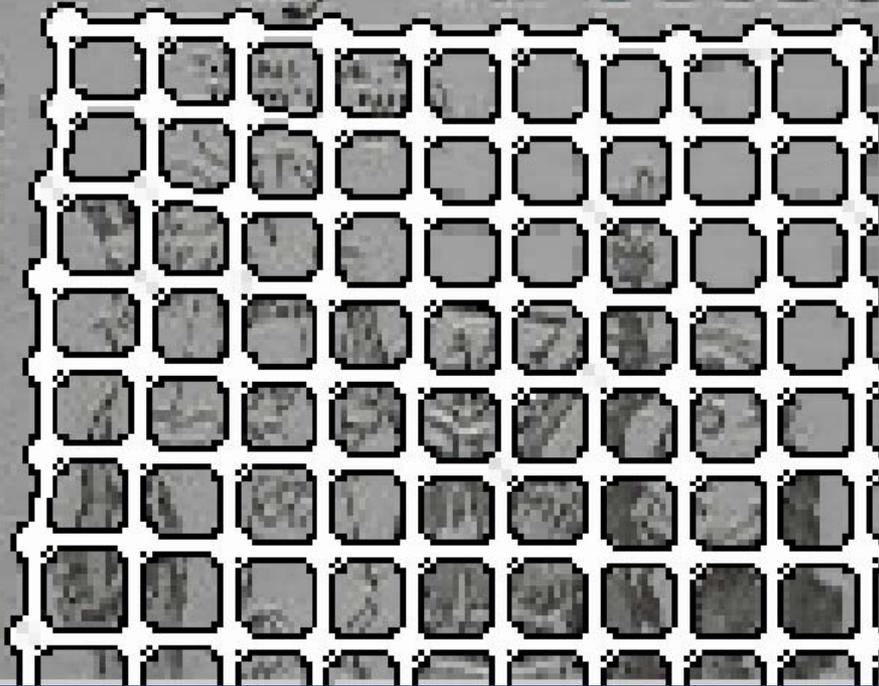


m_{i+1}



Transfert de grille

Régionales : Raffarin appelle Sarkozy au secours



« Pour éviter une débâcle, Raffarin propose à Sarkozy de faire tandem »

« Bernadette Chirac s'affiche avec le ministre de l'Intérieur »

« Réel des tractations à gauche et à droite »

« La déroute de Chevènement »

Alignement sur l'image de référence

Regionales : Raffarin appelle Sarkozy au secours

PHILIPPE BOUAFIA - L'ÉLECTION REGIONALE aura-t-elle lieu le 10 juin ? Le ministre de l'Intérieur, Bernard Cazeneuve, a annoncé mardi 10 mai que le scrutin sera reporté à la fin de l'été. Cette décision a été prise par le conseil des ministres. Le ministre de l'Intérieur a expliqué que le report est dû à la pandémie de coronavirus. Le scrutin sera reporté à la fin de l'été, à la fin de l'été, à la fin de l'été.



- Pour cette, une délicate, Raffarin propose à Sarkozy de faire l'annonce
- Bernadette Chirac s'affiche avec le ministre de l'Intérieur
- Récit des tractations, à gauche et à droite
- La déroute de Chevènement
- Ancre du FN

Augmentation (1)



Augmentation (2)

APPEL AU SECOURS

Il est impossible d'écrire un seul mot...
de l'histoire de la déesse au moment
des élections algériennes, dont
la réalité prouve le bon pour
l'ensemble, sans Pierre Kalfon, a
appelé en secours Bernard Chazot.
Et c'est à Bernard Chazot, le
ministre de l'Intérieur, qui
a proposé de faire appeler, au
niveau de l'ensemble de
la nation, dans l'attente de
la victoire, un appel au
secours. La chef de l'état a donc
eu son mot à dire, et c'est
de son côté de son côté. Ce n'est
pas après les élections qu'il a décidé
de le proposer, mais bien avant
le moment. Bernard Chazot s'est
également attaché avec M. Julien
et, dans, lors d'un meeting à Tunis.
Le Ministre de l'Intérieur, Bernard
Chazot, et le Secrétaire
d'état, qui se sont bien passés, de
ce qui a été dit au sein de la LCR
et la déesse de Chevenement.



- « Pour éviter une déviation, l'attitude proposée à Sarkozy de faire tandem »
- « Bernard Chazot s'affiche avec le ministre de l'Intérieur »
- « Réclame des tractations à gauche et à droite »
- « La déroute de Chevenement »
- « Ancrage de FN »

des...

Séquence originale



Alignement sur l'image de référence



Alignement sur l'image de référence



Alignement - transformation affine



Alignement – transformation affine



Augmentation









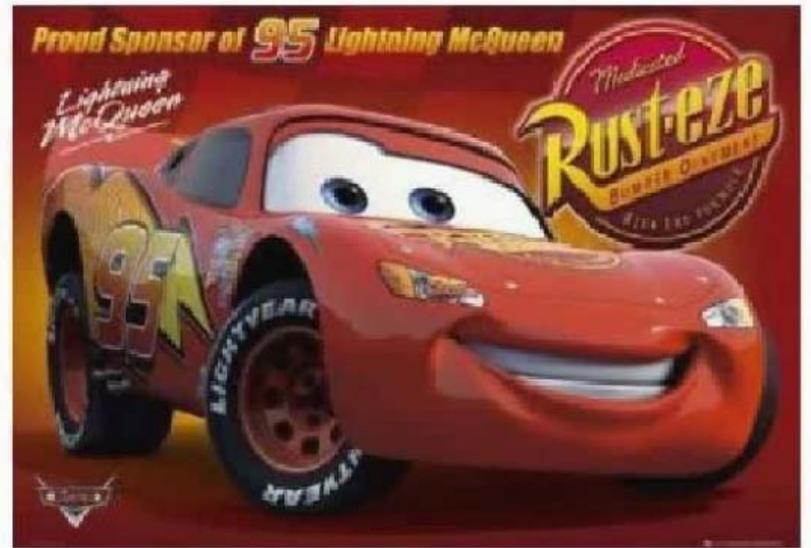
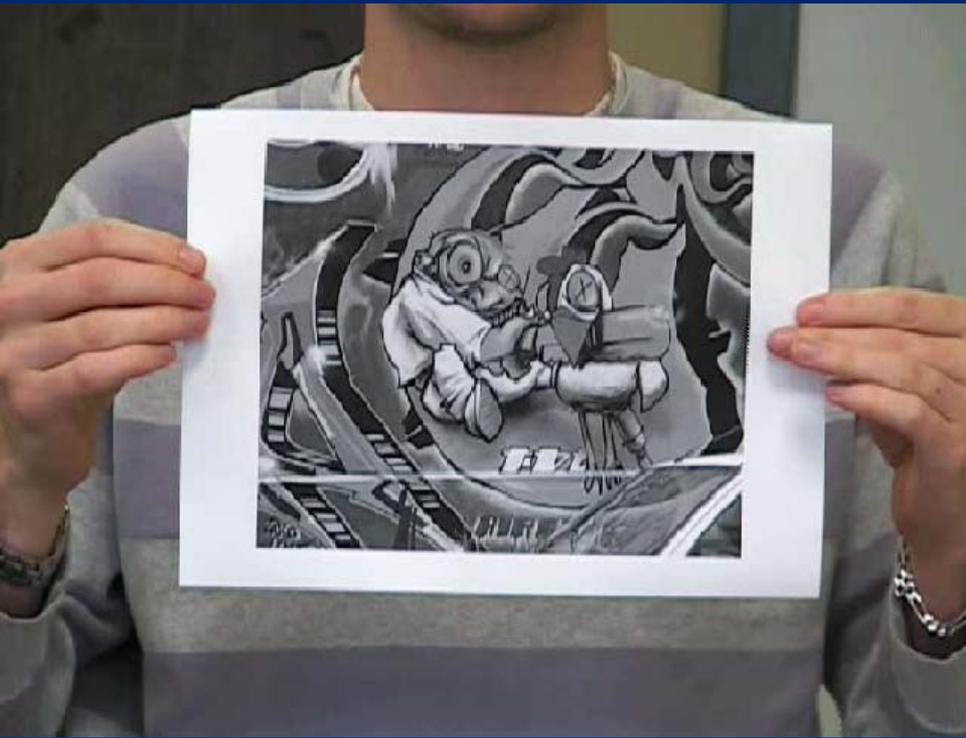








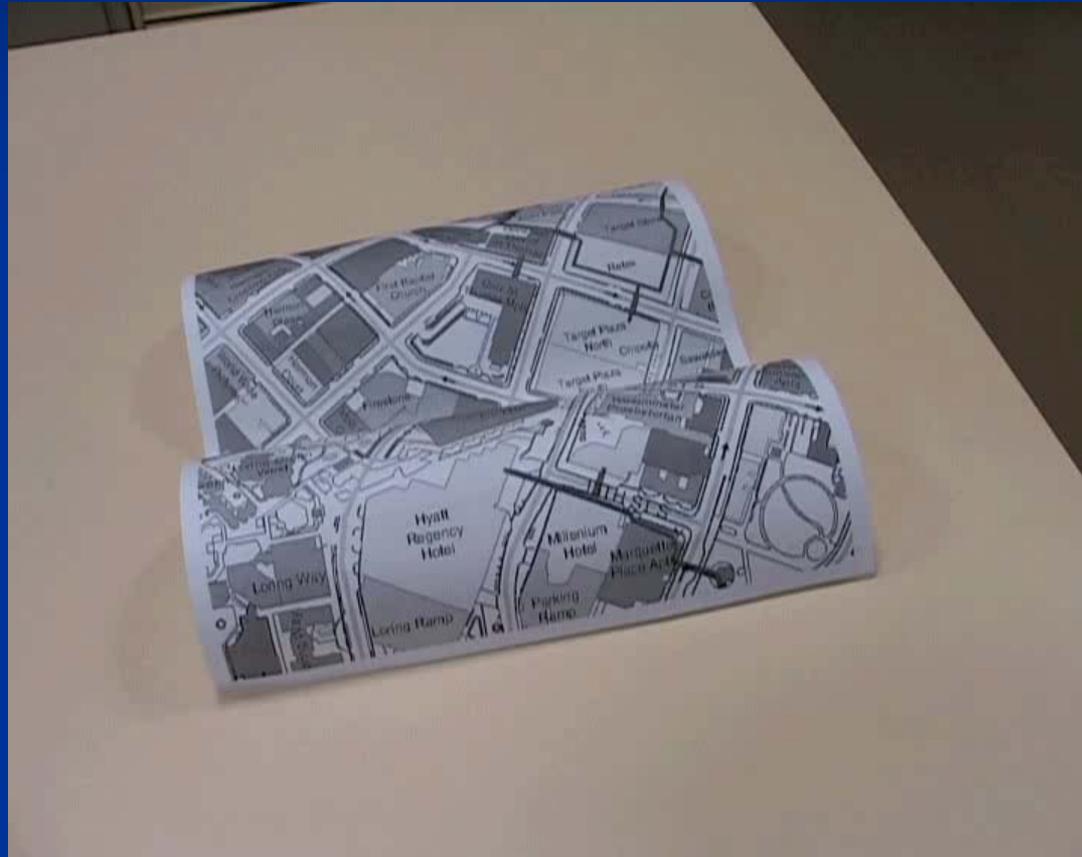
Video



Video

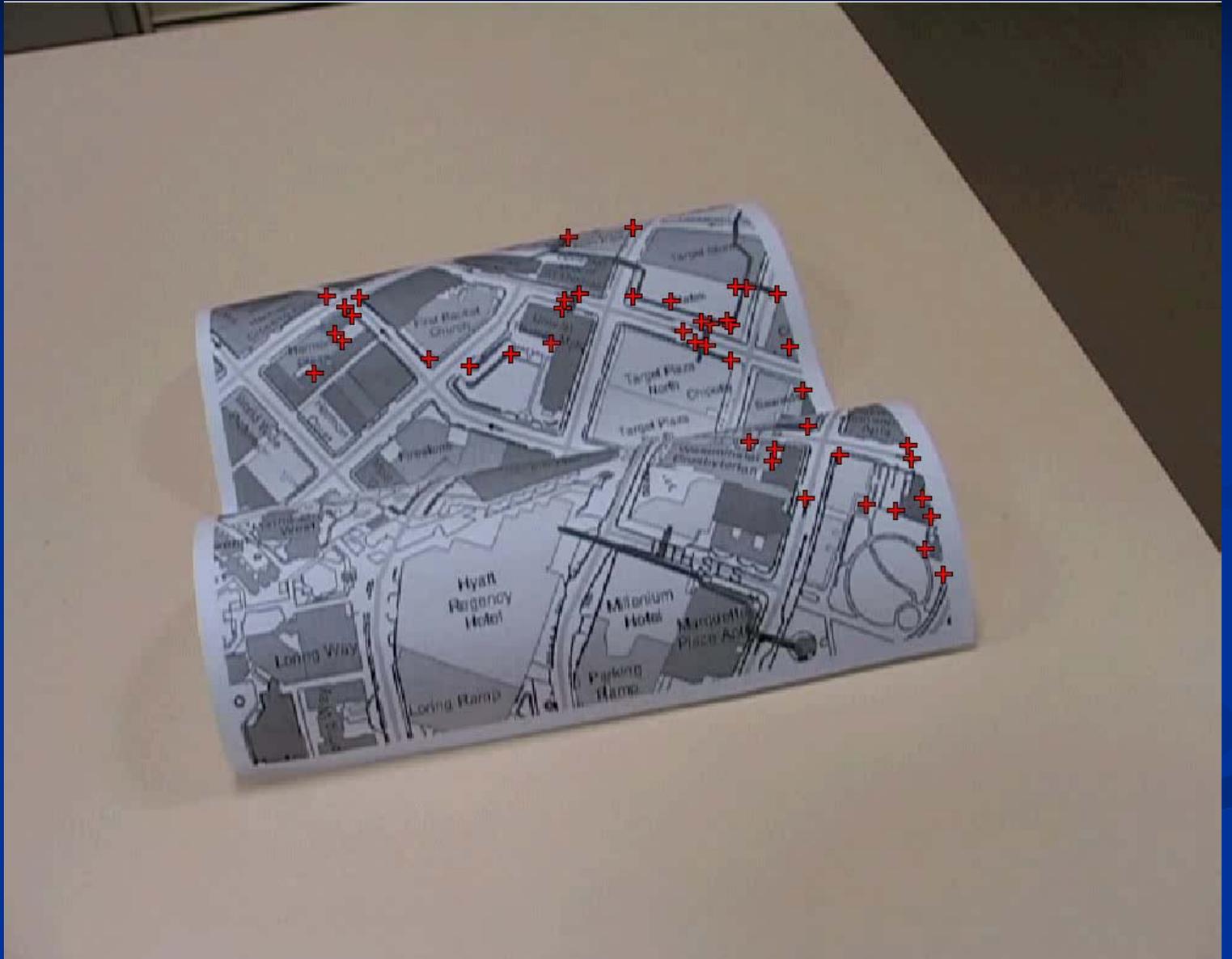
3D à partir de 3D

ComSee / GRAVIR / LASMEA – Vision en environnement déformable
Reconstruction tridimensionnelle multi-vues de papier



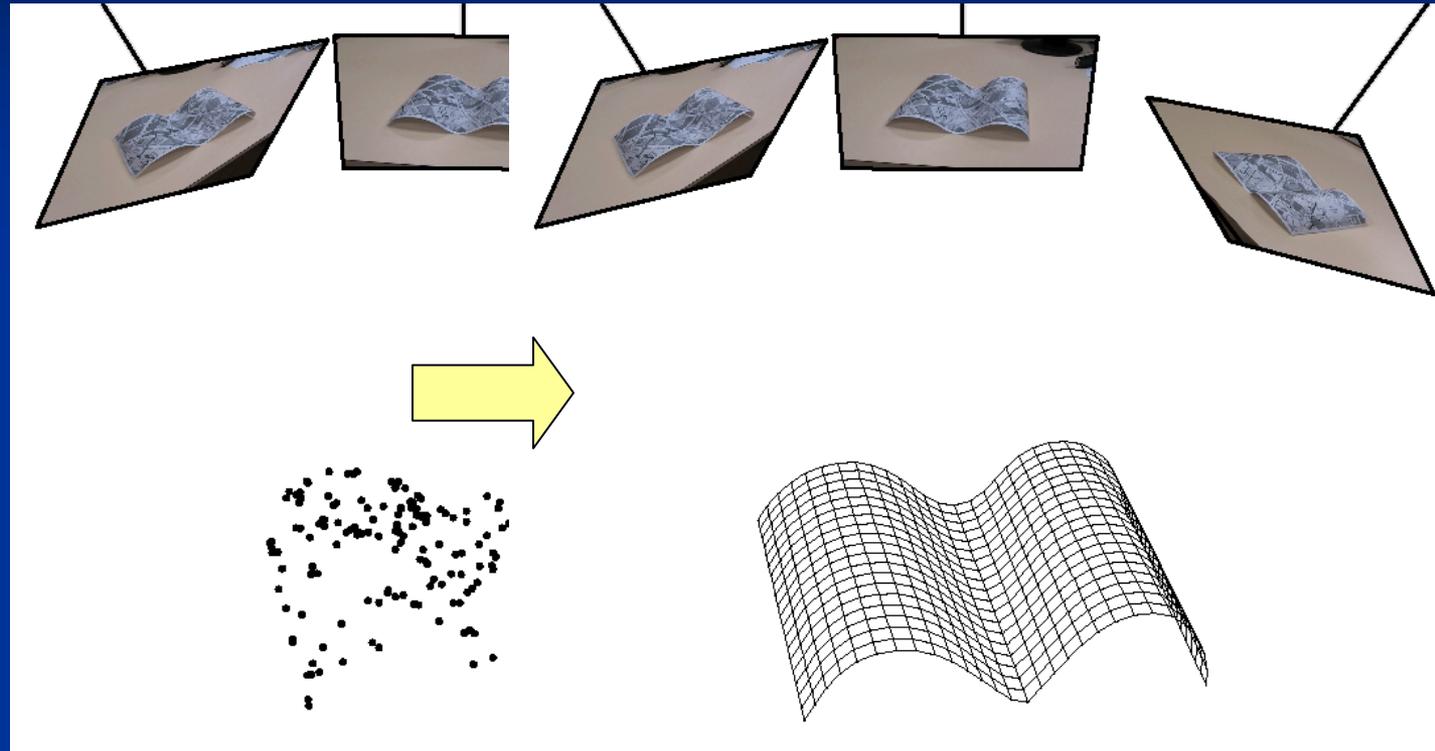
Vidéo

ComSee / GRAVIR / LASMEA – Vision en environnement déformable
Reconstruction tridimensionnelle multi-vues de papier



Vidéo

ComSee / GRAVIR / LASMEA – Vision en environnement déformable
Reconstruction tridimensionnelle multi-vues de papier



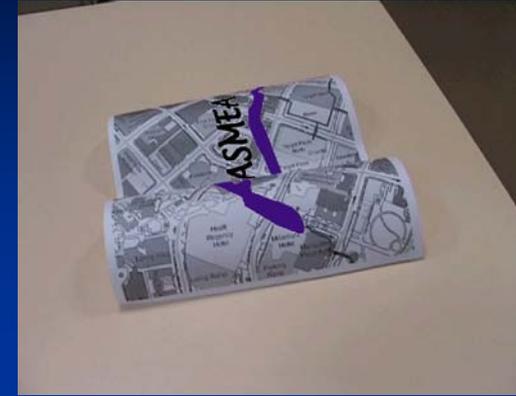
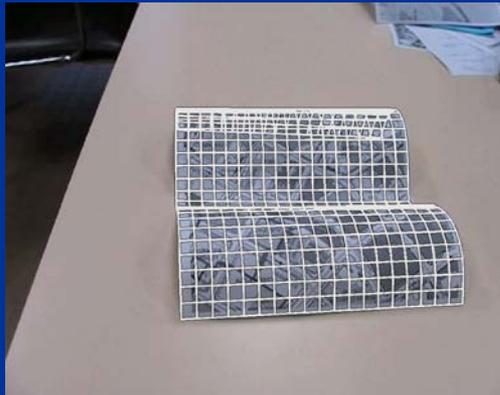
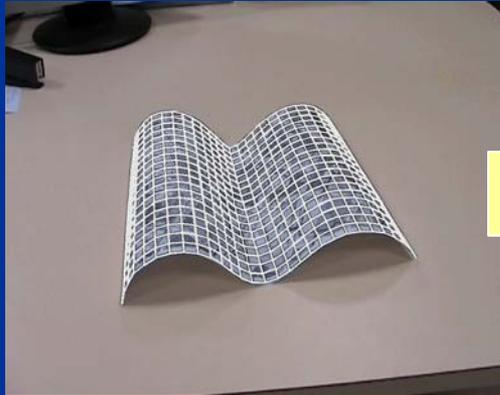
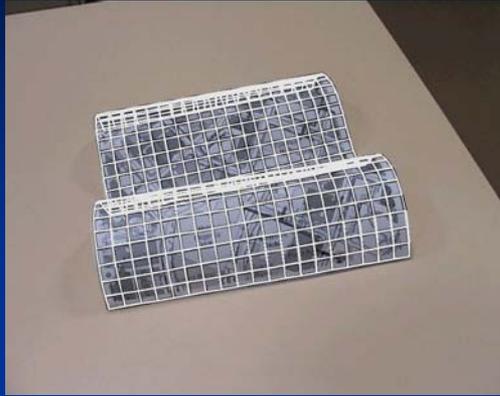
Structure-from-Motion à l'échelle de surface

Points clefs

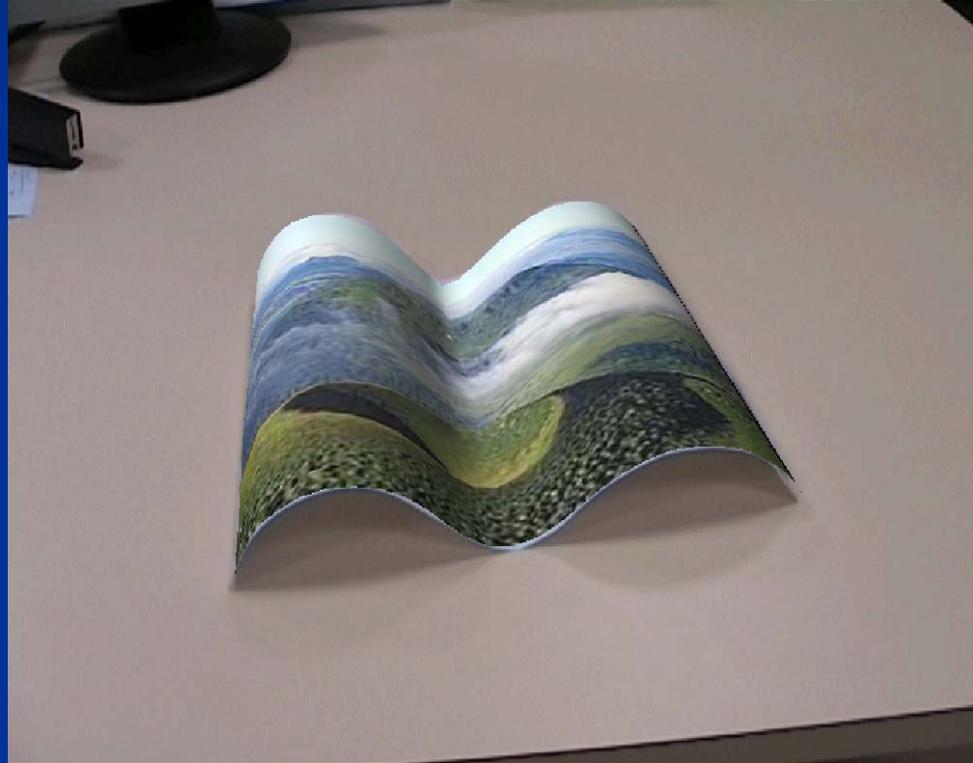
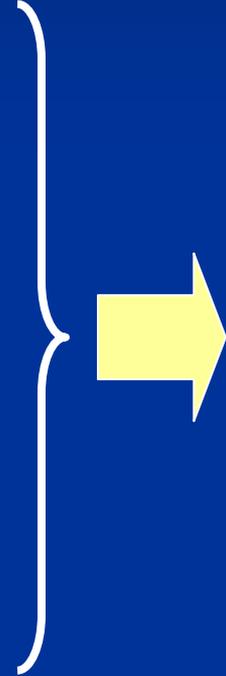
- Modèle génératif de surfaces de type papier
- Initialisation par détection de règles
- Ajustement de faisceaux basé modèle

ComSee / GRAVIR / LASMEA – Vision en environnement déformable

Reconstruction tridimensionnelle multi-vues de papier



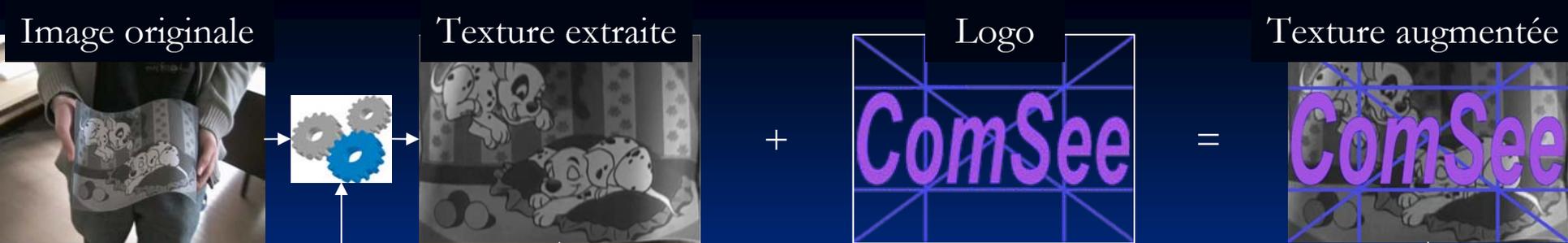
ComSee / GRAVIR / LASMEA – Vision en environnement déformable
Reconstruction tridimensionnelle multi-vues de papier



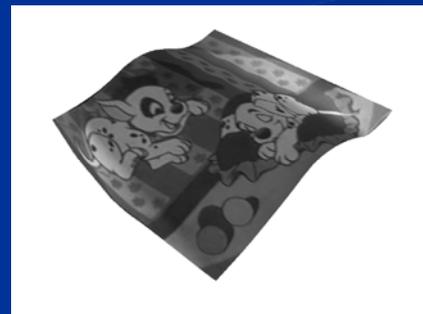
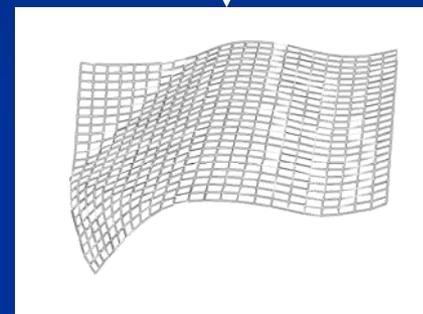
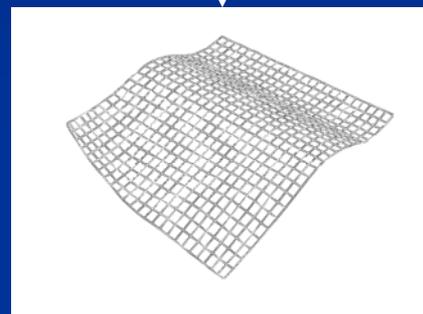
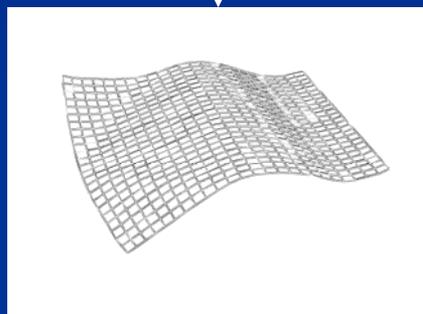
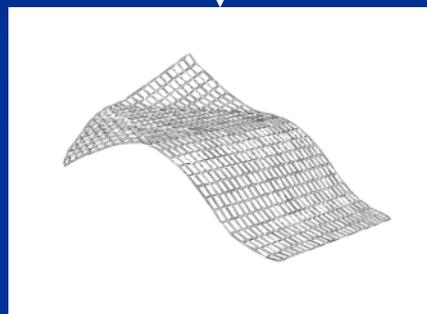
ComSee / GRAVIR / LASMEA – Vision en environnement déformable
Reconstruction tridimensionnelle multi-vues de papier



Vidéo

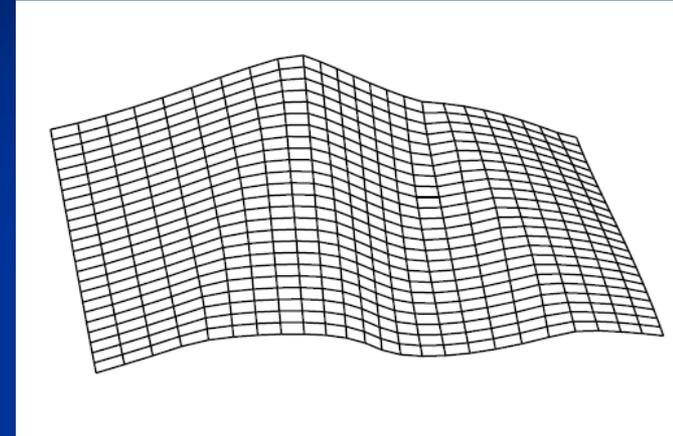
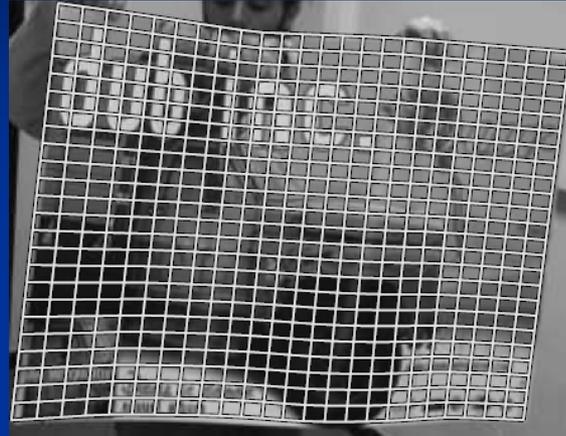
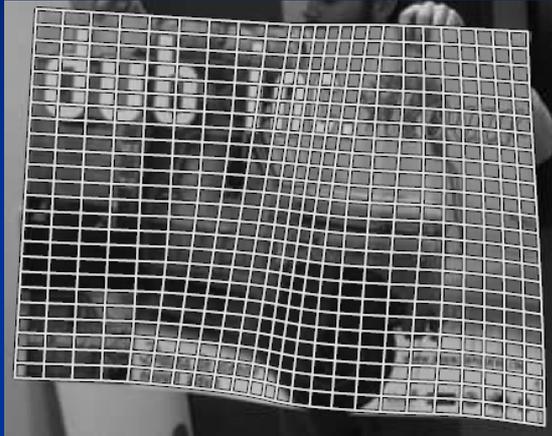


Modèle de papier

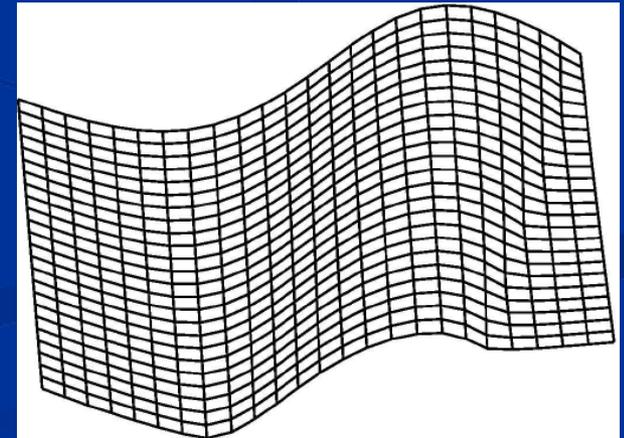
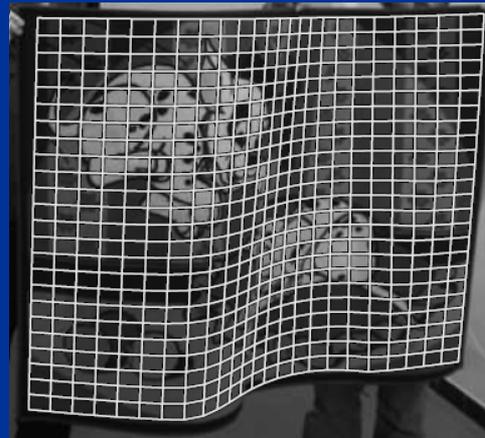
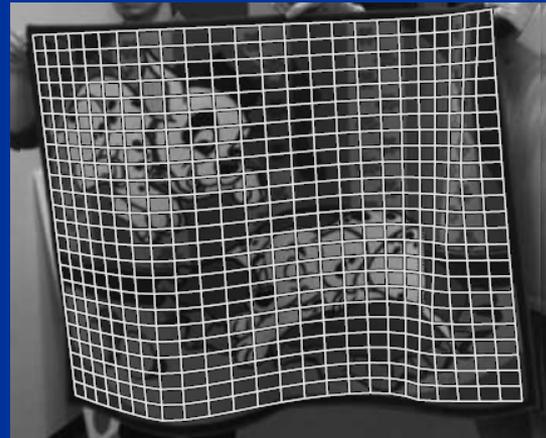


ComSee / GRAVIR / LASMEA – Vision en environnement déformable
Reconstruction tridimensionnelle multi-vues de papier

Deux images d'un poster



Deux images d'un tapis



ComSee / GRAVIR / LASMEA – Vision en environnement déformable
Reconstruction tridimensionnelle multi-vues de papier



Vidéo

Conclusions

- Vision 3D en environnement rigide mature
- Vision en environnement déformable pose des problèmes non résolus, en particulier pour la vision 3D