

Bases de données multimédia

Séance 4 : Introduction à l'analyse de scène

Valérie Gouet-Brunet
valerie.gouet@cnam.fr

7 Novembre 2007



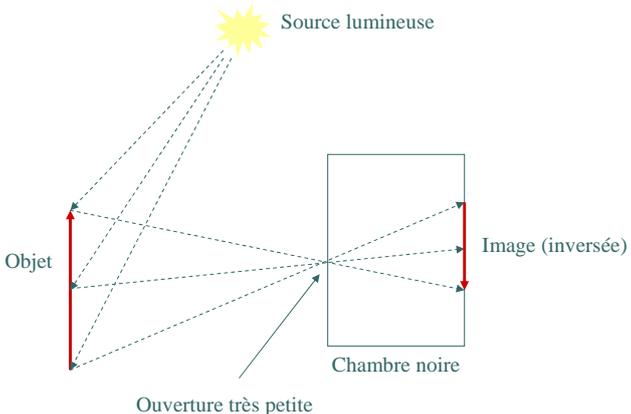
Plan du cours

- Analyse de scène à partir des images
 - Ou comment extraire d'une ou plusieurs images des informations tridimensionnelles relatives à la scène observée.
- Un peu de géométrie
 - Modélisation géométrique de la caméra
 - Géométrie des systèmes binoculaires
- Trois applications
 - De la *vraie* 3D : Reconstruction 3D
 - De la *fausse* 3D :
 - Mosaïque d'images
 - Transfert d'images

Bases de données multimédia / Analyse de scène 2

● ● ● | Modélisation géométrique de la caméra

- L'ancêtre : *la camera obscura* (Aristote, Léonard de Vinci)



Bases de données multimédia / Analyse de scène 3

● ● ● | Modélisation géométrique de la caméra



Abelardo Morell

Bases de données multimédia / Analyse de scène 4

Modélisation géométrique de la caméra

- Un modèle de projection perspective : le modèle *Sténopé*
 - Suppose que la transformation perspective est parfaite

Bases de données multimédia / Analyse de scène 5

Modélisation géométrique de la caméra

- Formulation projective
 - Matrice de projection perspective
 - définie à un facteur d'échelle près

$$m = PM \Leftrightarrow \begin{pmatrix} su \\ sv \\ s \end{pmatrix} = P \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \\ 1 \end{pmatrix} \quad \text{avec } P = AP_0D$$

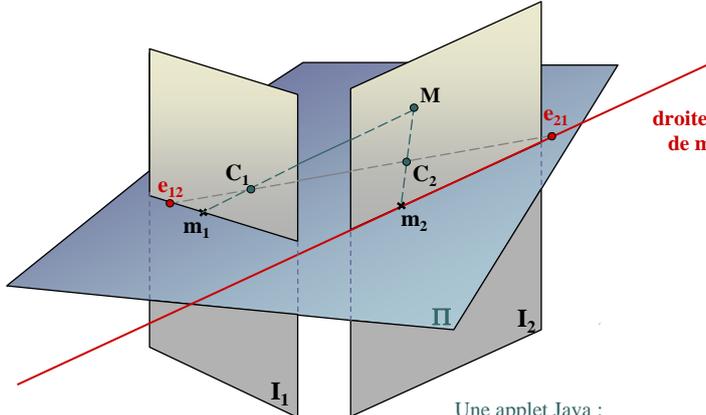
$$D = \begin{pmatrix} R & t \\ 0_3^T & 1 \end{pmatrix} \quad P_0 = \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \end{pmatrix} \quad A = \begin{pmatrix} \alpha_u & -\alpha_u \cos \theta & u_0 \\ 0 & \alpha_v \sin \theta & v_0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

A matrice des paramètres intrinsèques (3×3)
 P_0 matrice de projection (4×3)
 D matrice des paramètres extrinsèques (4×4)

Bases de données multimédia / Analyse de scène 6

● ● ● Géométrie des systèmes binoculaires

- Comment caractériser un système binoculaire ?
 - Matrice essentielle (E), matrice fondamentale (F)



$F \cdot m_1$
droite épipolaire
de m_1 dans I_2

$$m_2^T F m_1 = 0$$

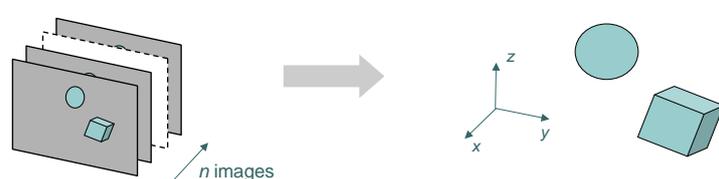
$$E = A_2^T F A_1$$

Une applet Java :
<http://devernay.free.fr/cours/vision/Meta3DViewer/1.0/>

Bases de données multimédia / Analyse de scène 7

● ● ● Reconstruction 3D

- Reconstruction tridimensionnelle à partir d'images



Bases de données multimédia / Analyse de scène 8

Reconstruction 3D

- Une seule caméra ne suffit pas... il en faut au moins 2.

Bases de données multimédia / Analyse de scène

9

Reconstruction 3D

- Principe : Triangulation de primitives 2D
 - Mise en correspondance de primitives 2D
 - Par exemple des points d'intérêt (cf. cours BDM 1-2-3)
 - Résolution du système d'équations $m_i = P_i M$
 - Méthodes linéaire ($AX=0$), non linéaires, ajustement d'épipolaires, etc.

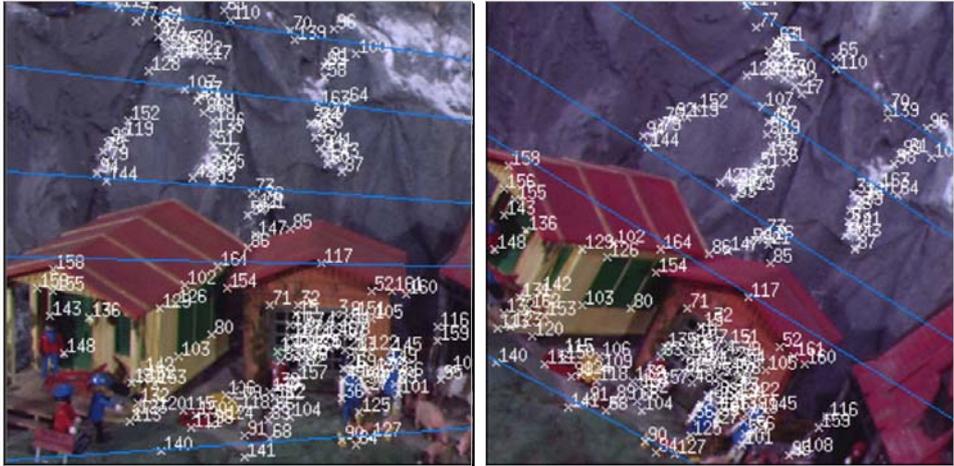
$$\begin{cases} m_1 = P_1 M \\ m_2 = P_2 M \\ m_3 = P_3 M \end{cases}$$

Bases de données multimédia / Analyse de scène

10

Reconstruction 3D

- Un exemple d'appariements
 - Points d'intérêt appariés et géométrie épipolaire associée



Reconstruction 3D

- Pour faire la triangulation, il faut les P_i (ou leur estimation)
 - De quelle information dispose-t-on ?
 - Sur les caméras
 - Paramètres intrinsèques ?
 - Paramètres extrinsèques ?
 - Sur la scène à reconstruire
 - Lignes supposées être parallèles en 3D ?
 - Points à l'infini en 3D ?
 - Quelques isométries connues ?
 - Longueurs ou rapports de longueurs
 - Angles

Bases de données multimédia / Analyse de scène 12

Reconstruction 3D

- Comment obtenir les matrices de projection P_i ?
 - Si les caméras sont disponibles : calibrage fort
 - Mire de calibration : données 3D + leur projection 2D
 - Résolution du système $m = PM$
 - nécessite au moins 6 points
 - Reconstruction euclidienne
 - Sinon : estimation à partir de la matrice fondamentale F
 - Reconstruction projective
 - Reconstruction affine
 - Reconstruction euclidienne

Mire de calibration

$m_2^T F m_1 = 0$

Bases de données multimédia / Analyse de scène 13

Reconstruction 3D

- Estimation des matrices de projection P_i
 - Reconstruction projective :
 - Principe : les P_i sont exprimées à partir de F

$$\begin{cases} P_1 = [I|0] \\ P_2 = [\hat{e}_{21} \cdot F | e_{21}] \begin{bmatrix} I & O \\ \alpha^T & \alpha_4 \end{bmatrix} \cdot G_{4 \times 4} \end{cases} \quad \hat{e} = \begin{pmatrix} 0 & -e_z & e_y \\ e_z & 0 & -e_x \\ -e_y & e_x & 0 \end{pmatrix}$$

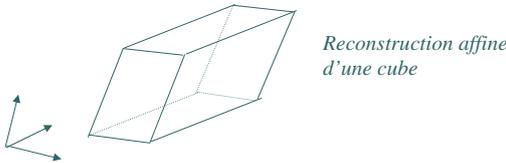
- Reconstruction obtenue par rapport à une base projective de P^3 arbitraire.
 - Ne respecte ni le parallélisme, ni la métrique de la scène.

Reconstruction projective d'une cube

Bases de données multimédia / Analyse de scène 14

Reconstruction 3D

- Estimation des matrices de projection P_i
 - Reconstruction affine :
 - Principe : contraindre l'homographie de P^3 :
 - Nécessite la donnée de droites dans l'image supposées à l'infini dans la scène.
 - Respecte le parallélisme, mais pas la métrique.



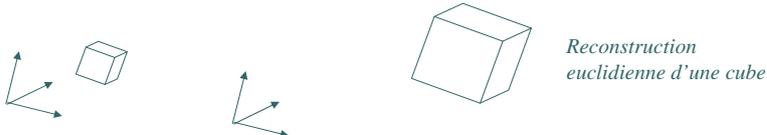
Reconstruction affine d'une cube

Bases de données multimédia / Analyse de scène 15

Reconstruction 3D

- Estimation des matrices de projection P_i
 - Reconstruction euclidienne :
 - 1ère solution (à partir de F) :
 - Si les A_i ne sont pas connues alors on les estime à partir de F (équations de Kruppa)
 - Calcul de E (matrice essentielle)
 - Décomposition de E (méthode SVD)
 - Calcul des P_i à partir de (A_i, R, t) .
$$E = A_2^T F A_1$$

$$E^T = \hat{t} R$$
 - 2ème solution :
 - Contraindre l'homographie de P^3 en utilisant la donnée d'angles et de rapports de longueurs connus dans les images et dans la scène.



Reconstruction euclidienne d'une cube

Bases de données multimédia / Analyse de scène 16

Reconstruction 3D

- Exemple #1
 - 3 vues de la Maison Carrée à Nîmes



- Information disponible :
 - La focale de l'objectif : 50mm (donnée constructeur).

Bases de données multimédia / Analyse de scène 17

Reconstruction 3D

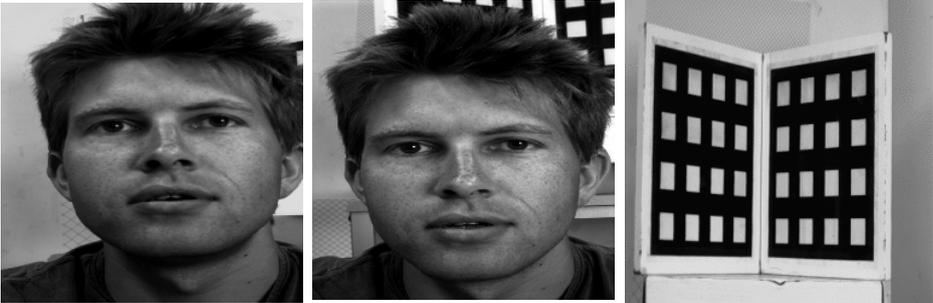
- Exemple #1 (suite)
 - Reconstruction 3D des points d'intérêt appariés (12500 points)



Bases de données multimédia / Analyse de scène 18

Reconstruction 3D

- Exemple #2



<http://www-sop.inria.fr/robotvis/demo/diffprop>

- Information disponible :
 - Une grille de calibration

Bases de données multimédia / Analyse de scène 19

Reconstruction 3D

- Exemple #2 (suite)
 - Reconstruction 3D après mise en correspondance dense



<http://www-sop.inria.fr/robotvis/demo/diffprop>

Bases de données multimédia / Analyse de scène 20

Autres types d'approches

- Comment percevoir la 3D sans 3D ?
 - A-t-on réellement besoin d'un modèle 3D pour percevoir la 3D ?
 - Un ensemble de vues 2D peut permettre de percevoir la 3D
 - Mosaïque d'images
 - Transfert d'images

Bases de données multimédia / Analyse de scène 21

Mosaïque d'images

- Exemple #1



© vgeb

Bases de données multimédia / Analyse de scène 22

● ● ● | Mosaïque d'images

- Exemple #2

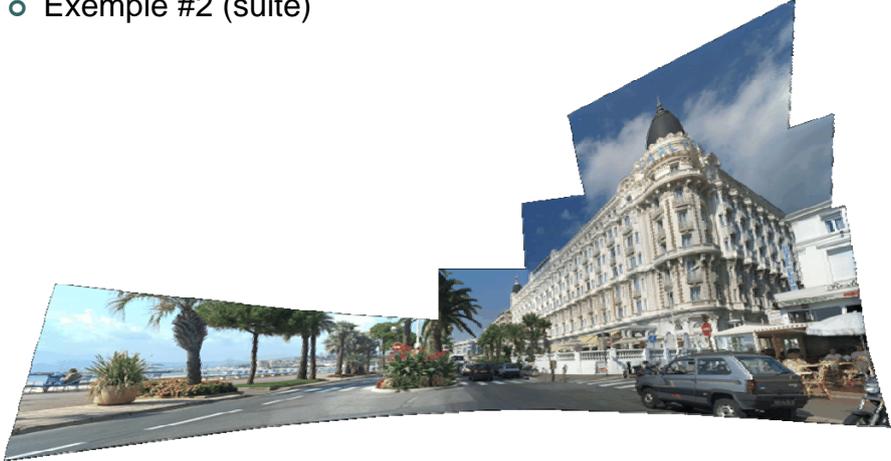


<http://www-sop.inria.fr/robotvis/>

Bases de données multimédia / Analyse de scène 23

● ● ● | Mosaïque d'images

- Exemple #2 (suite)



<http://www-sop.inria.fr/robotvis/>

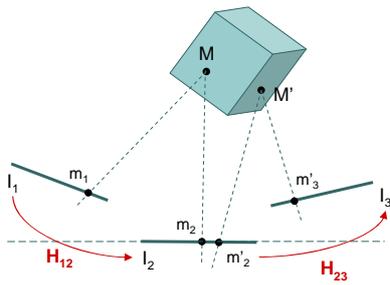
Bases de données multimédia / Analyse de scène 24

Mosaïque d'images

- Principe : Assembler les images en les recalculant dans un repère donné
 - Comment ? Estimer la transformation qui existe entre les images 2 à 2
 - Homographie H_{ij} estimée par mise en correspondance de points d'intérêt

$$m_2 = H_{12}m_1$$

- Contrainte : l'homographie n'existe pas en général
 - Scène plane
 - Simple rotation autour de l'axe de la caméra entre les images



Bases de données multimédia / Analyse de scène 25

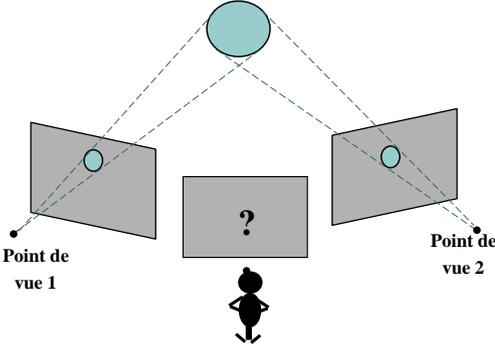
Mosaïque d'images

- Simulation de la 3D par projection de la mosaïque
 - Projection planaire
 
 - Projection cylindrique
 
 - Projection sphérique
 - Voir par exemple <http://www.panoramas.dk/>, Galerie des Glaces – © Laurent Thion

Bases de données multimédia / Analyse de scène 26

● ● ● | Transfert d'images

- Comment synthétiser de nouvelles vues à partir de vues existantes ?



Bases de données multimédia / Analyse de scène 27

● ● ● | Transfert d'images

- On veut construire des vues géométriquement valides
 - ☞ La technique du « morphing interpolation » n'est pas géométriquement valide
- Deux classes d'approches :
 - A partir d'une reconstruction 3D
 - Transfert 2D (sans reconstruction 3D)

Bases de données multimédia / Analyse de scène 28

● ● ● | Transfert d'images

- A partir d'une reconstruction 3D
 - Reprojection du modèle 3D
 - Utilisation du modèle 3D pour interpoler 2 images en correspondance
 - Travaux de Kanade (Carnegie Mellon – The Robotics Institute)



Eye Vision au Super Bowl

<http://www.ri.cmu.edu/events/sb35/tksuperbowl.html>

Bases de données multimédia / Analyse de scène 29

● ● ● | Transfert d'images

- Transfert 2D
 - Principe : générer de nouvelles images à partir de vues existantes, sans passer par une reconstruction tridimensionnelle
 - Scène définie par un ensemble de vues bidimensionnelles
 - Avantages :
 - ✓ Supprime l'étape de la reconstruction 3D souvent fastidieuse et inutile,
 - ✓ Méthode efficace quelle que soit la structure de la scène,
 - ✓ Rapidité : calcul direct 2D → 2D.

Bases de données multimédia / Analyse de scène 30

● ● ● | Transfert d'images

- Transfert projectif direct

Bases de données multimédia / Analyse de scène 31

● ● ● | Transfert d'images

- Exemple

<http://www-sop.inria.fr/robotvis/projects/Monaco>

Bases de données multimédia / Analyse de scène 32

● ● ● | Transfert d'images

- Exemple (suite)



<http://www-sop.inria.fr/robotvis/projects/Monaco>

Bases de données multimédia / Analyse de scène 33