

Génération de contenu



Modèles 3D à partir d'images

Inspiré des cours de Edmond Boyer, Peter Sturm

Modèles 3D à partir d'images

► Synthèse d'images :

- Calcul d'images à partir de :
 - modèles 3D
 - matériaux, éclairage
 - caméra

► Vision par ordinateur 3D :

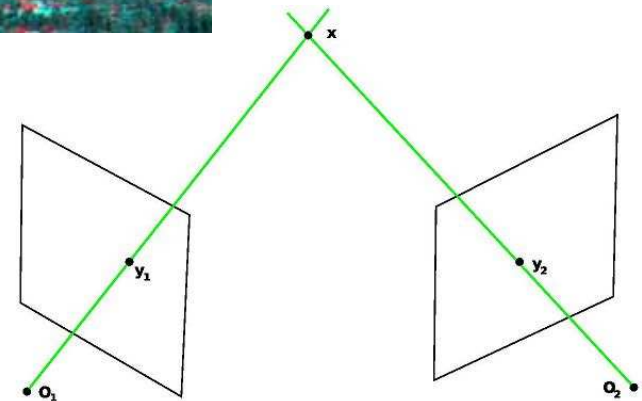
- Calcul du modèle 3D à partir de :
 - images
 - autres informations

=> Problème inverse



Quelles informations ?

- ▶ Quelles informations nous permettent de percevoir de la 3D ?
- ▶ Vue stéréoscopique

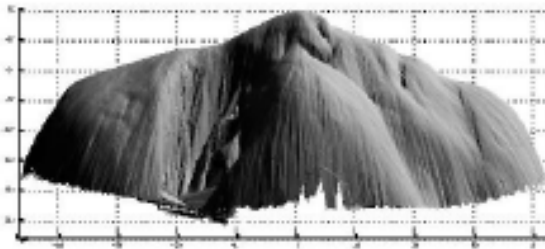


Quelles informations ?

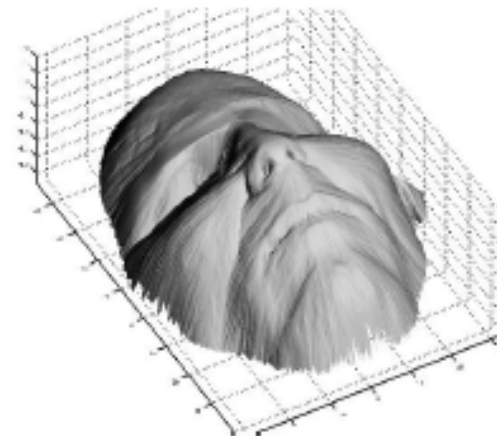
- ▶ Quelles informations nous permettent de percevoir de la 3D ?
- ▶ Ombrage
 - Stéréo photométrique
 - Shape from Shading [Prados et al]



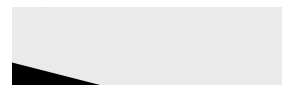
a)



b)

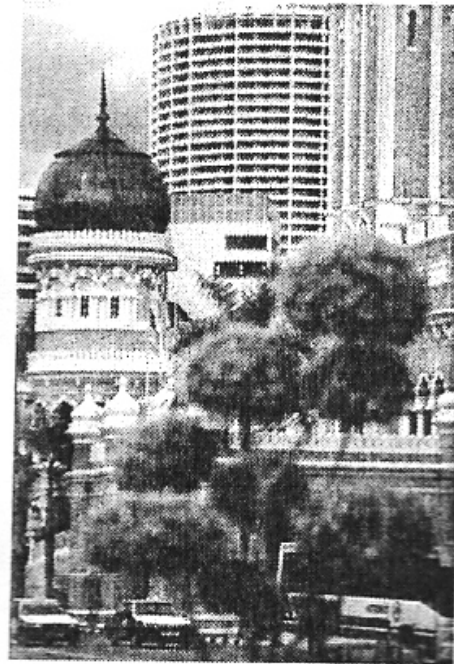


c)



Quelles informations ?

- ▶ Quelles informations nous permettent de percevoir de la 3D ?
- ▶ Netteté :



Historique

- ▶ Années 1990 :
 - Scènes statiques
 - Approches géométriques
 - Calculs non temps-réel
- ▶ Années 2000 :
 - Scènes dynamiques
 - Approches géométriques + photométriques
 - Calculs temps-réel



Modèles 3D à partir d'images

- Systèmes d'acquisition
- Reconstruction géométrique
- Reconstruction géométrique et photométrie
- Exemples d'applications



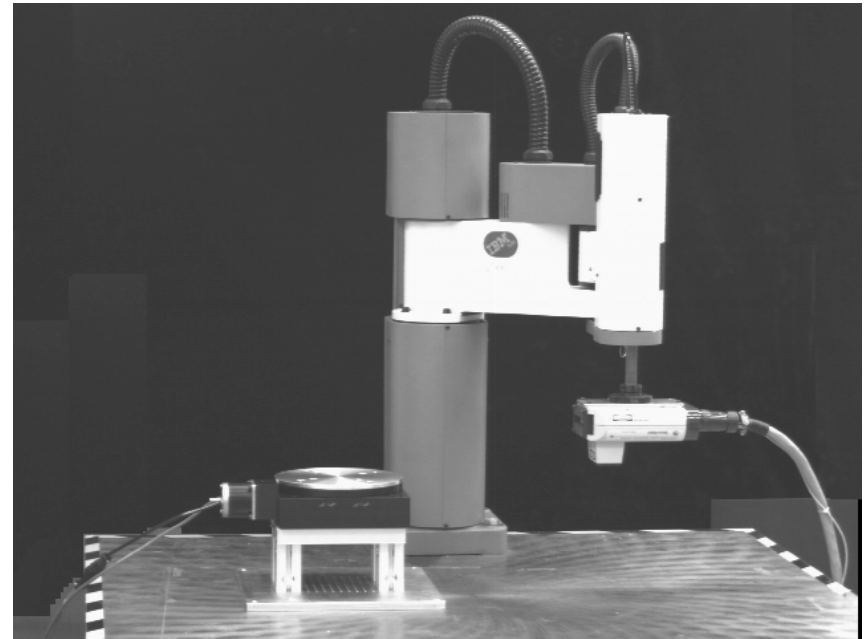
Modèles 3D à partir d'images

- Systèmes d'acquisition
- Reconstruction géométrique
- Reconstruction géométrique et photométrie
- Exemples d'applications



Tables tournantes

- ▶ Une seule caméra
- ▶ Calibration simplifiée
- ▶ Système statique



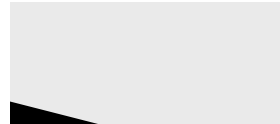
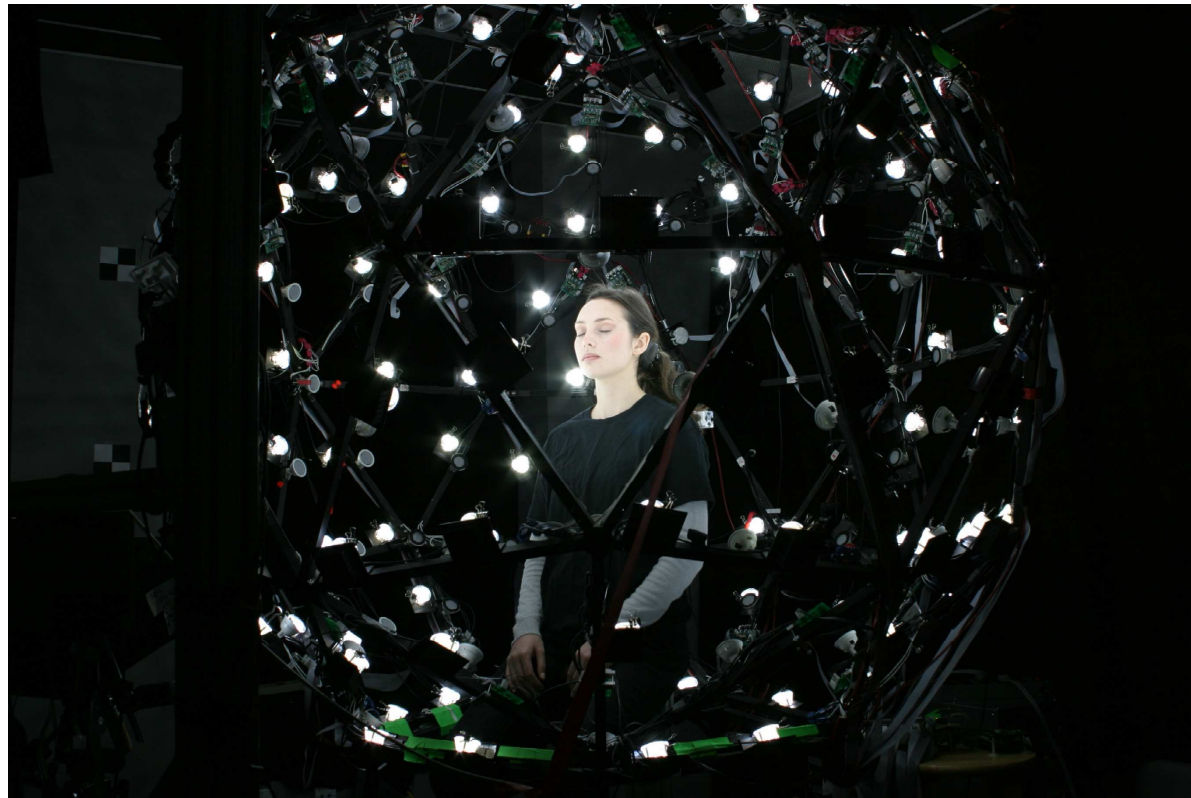
Systemes multicaмерыs calibrés

- ▶ Exemple : plateforme Grimage, INRIA :
 - 20 caméras (12 couleur – 8 noir et blanc)
 - Mur d'écrans avec 16 projecteurs
 - Grappe de 11 dual-xeon PC et 16 dual-opteron PC



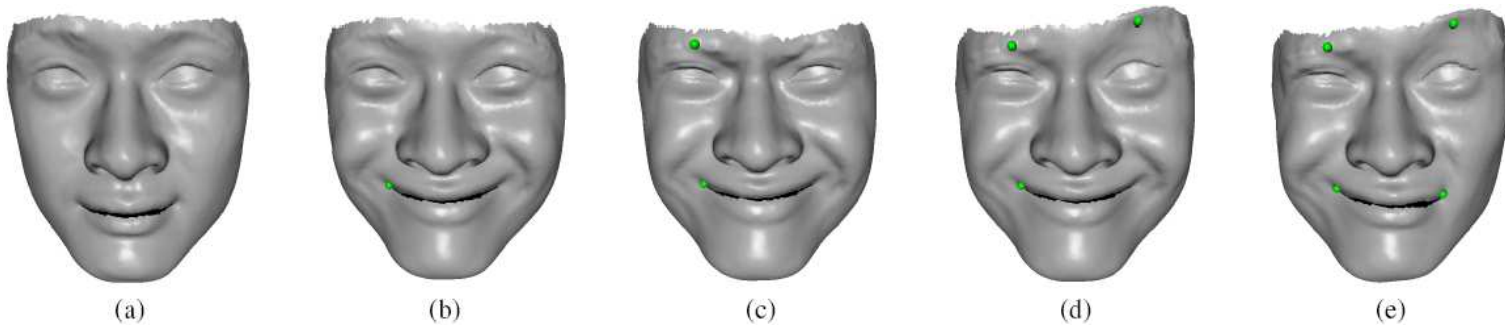
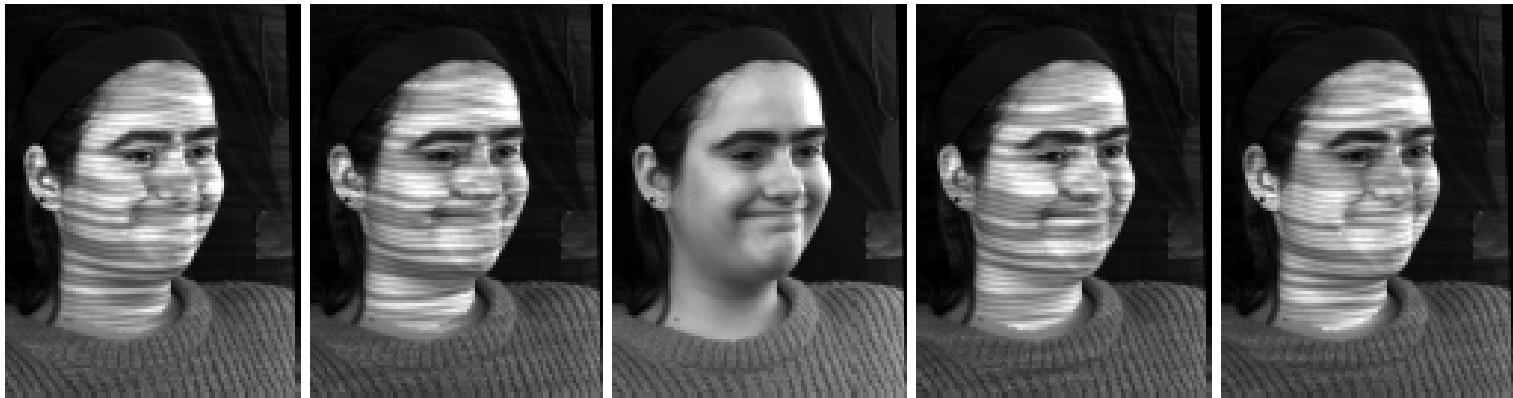
Systemes multicameras calibrés

- ▶ Exemple : dôme d'éclairage contrôlé



Lumière structurée

- ▶ Utilisation de caractéristiques haut-niveau (lumière structurée) sur 2 vues très proches



Modèles 3D à partir d'images

- Systèmes d'acquisition
- Reconstruction géométrique
- Reconstruction géométrique et photométrie
- Exemples d'applications



Reconstruction géométrique

- ▶ Données :
 - Images (2D)
 - Caméras calibrées
- ▶ Extraction de primitives 2D :
 - Points d'intérêt
 - Régions (silhouettes)



Reconstruction géométrique

- ▶ Données :
 - Images (2D)
 - Caméras calibrées
- ▶ Extraction de primitives 2D :
 - **Points d'intérêt**
 - Régions (silhouettes)



Étapes principales

1. Appariement d'images
2. Reconstruction 3D des parties appariées
3. Obtention d'un modèle 3D surfacique complet



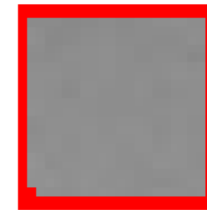
Étapes principales

1. Appariement d'images
2. Reconstruction 3D des parties appariées
3. Obtention d'un modèle 3D surfacique complet



Appariement d'images

- ▶ Identifier des caractéristiques haut-niveau dans les différentes images
 - Zone homogène => pas discriminatif
 - Point de contour => ambiguïté
 - Point d'intérêts



Extraction des points d'intérêt

- ▶ Extraction des points d'intérêts :
 - Placer une fenêtre autour du pixel et la déplacer
 - Fonction d'auto-corrélation développée au 1er ordre :

$$\bullet f(x, y) = (\Delta x \quad \Delta y) \sum_W \begin{pmatrix} I_x^2 & I_x I_y \\ I_x I_y & I_y^2 \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}$$

$$\bullet f(x, y) = (\Delta x \quad \Delta y) \sum_W M \begin{pmatrix} \Delta x \\ \Delta y \end{pmatrix}$$

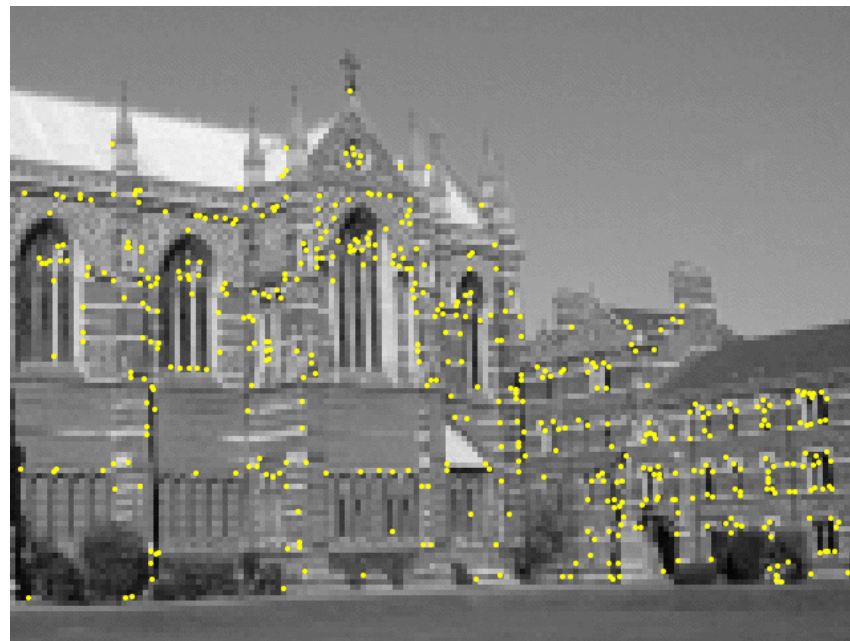
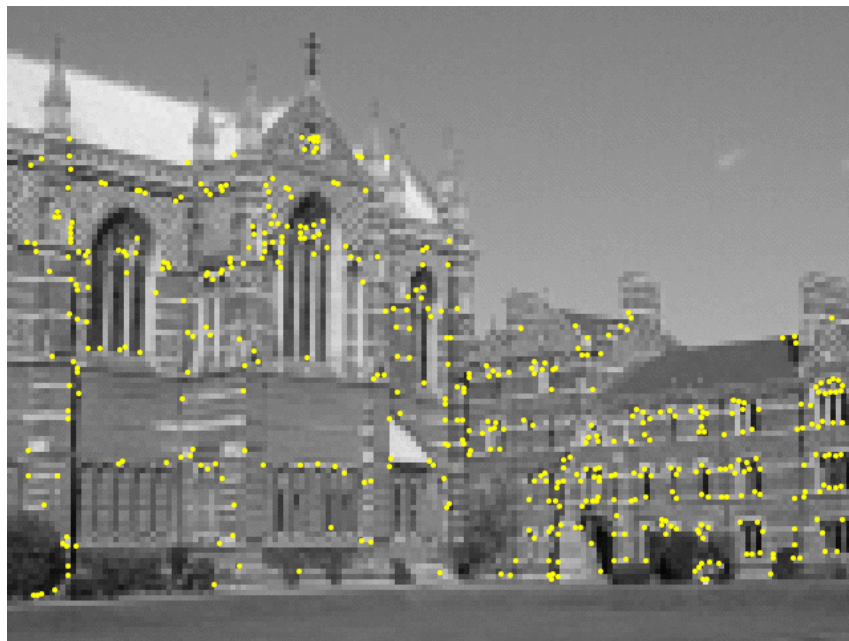
- M = matrice d'auto-corrélation
- Valeurs propres :
 - 2 valeurs propres grandes : grand score de corrélation dans n'importe quelle direction => point d'intérêt
 - 1 valeur propre grande : grand score de corrélation dans une direction => point de contour
 - 2 valeurs propres petites : faible score de corrélation dans toutes les directions => zone homogène



Extraction des points d'intérêt



Extraction des points d'intérêt

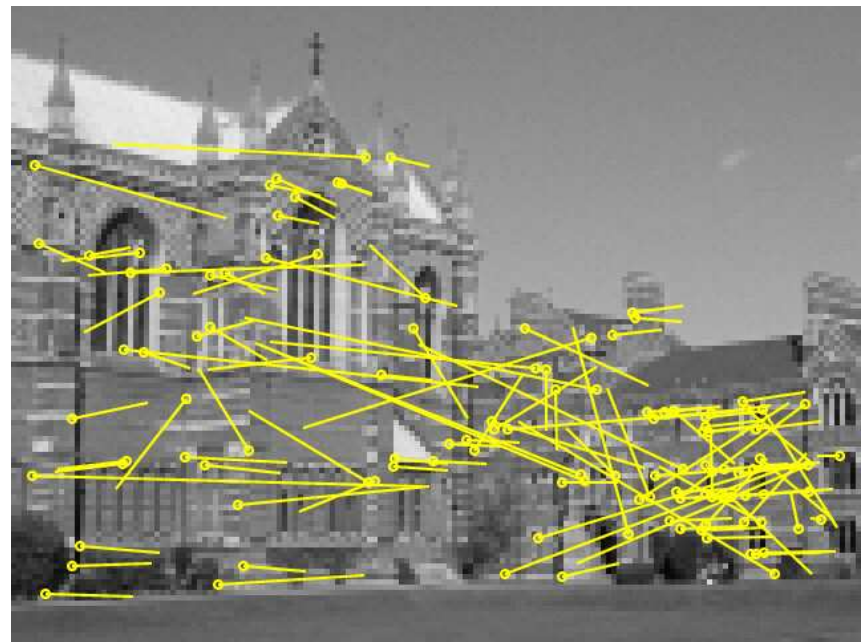


Mise en correspondance

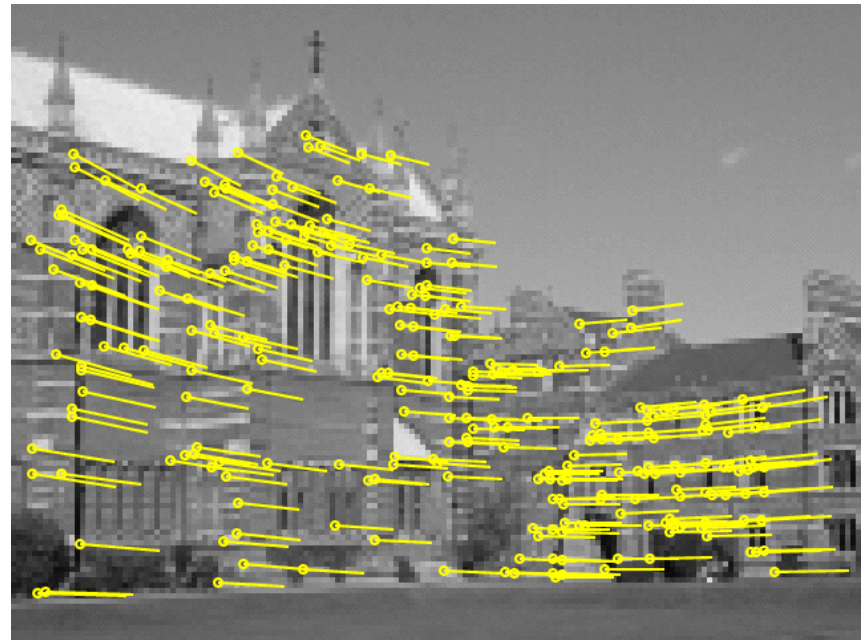
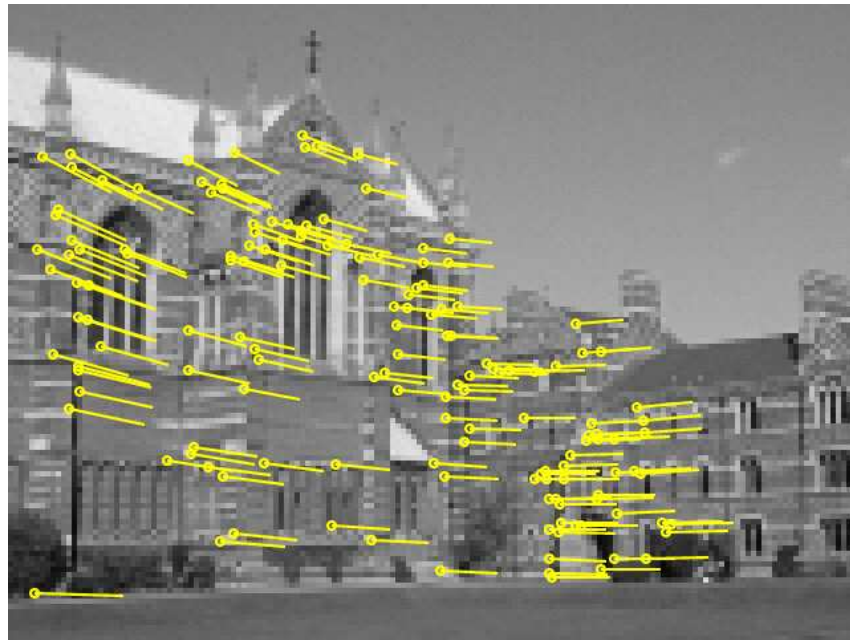
- ▶ Mise en correspondance entre les images :
 - Géométrie épipolaire
 - Cf : cours de vision
 - Problèmes :
 - Changement de l'illumination
 - Changement de l'apparence
 - Occultations



Mise en correspondance



Mise en correspondance

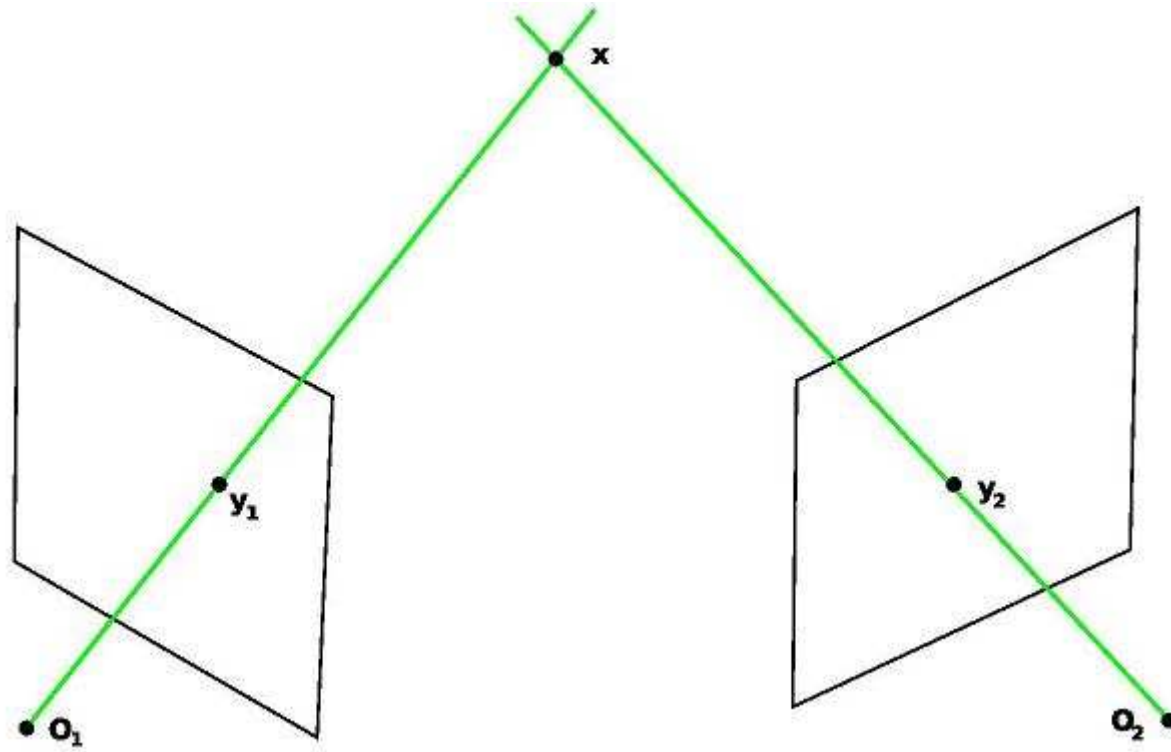


Étapes principales

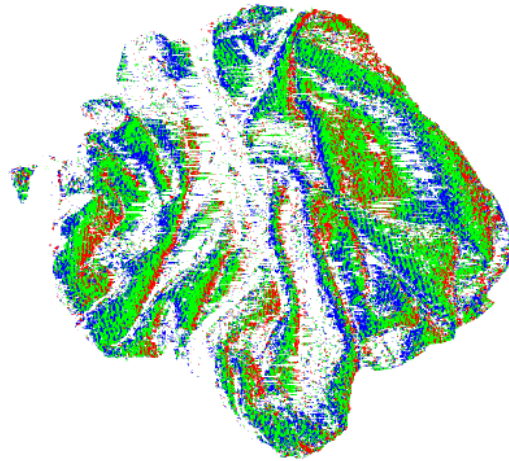
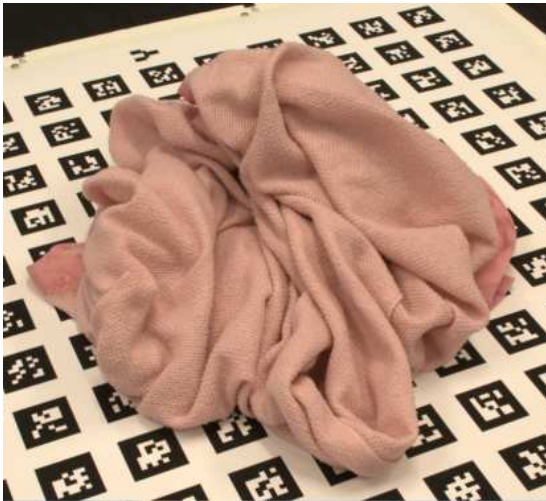
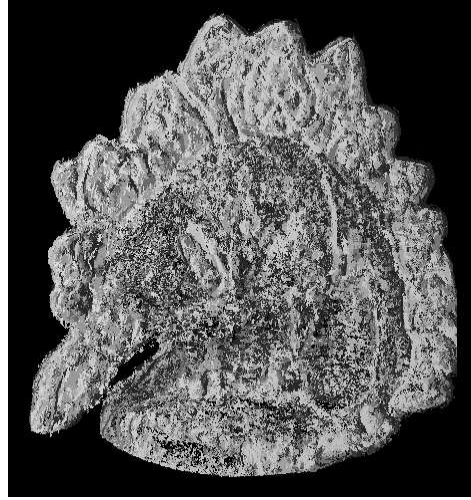
1. Appariement d'images
2. **Reconstruction 3D des parties appariées**
3. Obtention d'un modèle 3D surfacique complet



Triangulation



Résultat



[Bradley 08]

Étapes principales

1. Appariement d'images
2. Reconstruction 3D des parties appariées
3. **Obtention d'un modèle 3D surfacique complet**



Choix d'une représentation

- ▶ Maillages
- ▶ Modèles paramétriques
 - Splines
 - Quadriques
 - Etc
- ▶ Surfaces implicites
- ▶ Modèles volumiques (voxels)



Estimation de la surface

▶ Données :

- Modèle 3D épars
- Opérations géométriques
- Hypothèses générales (lisse...) ou spécifiques (modèle a priori)
- Etc

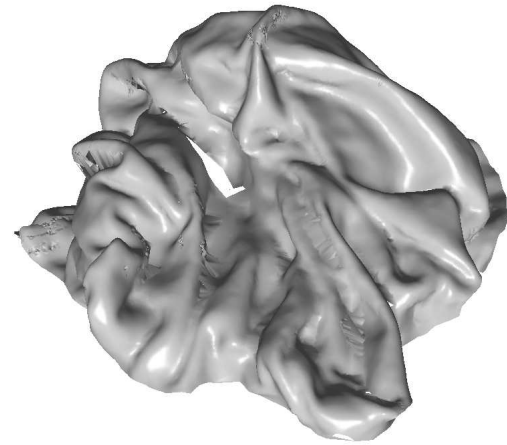
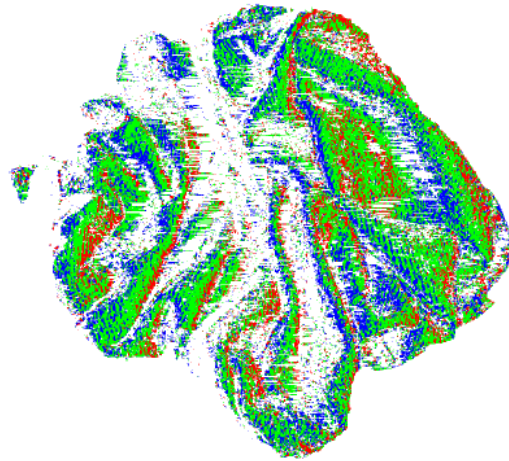
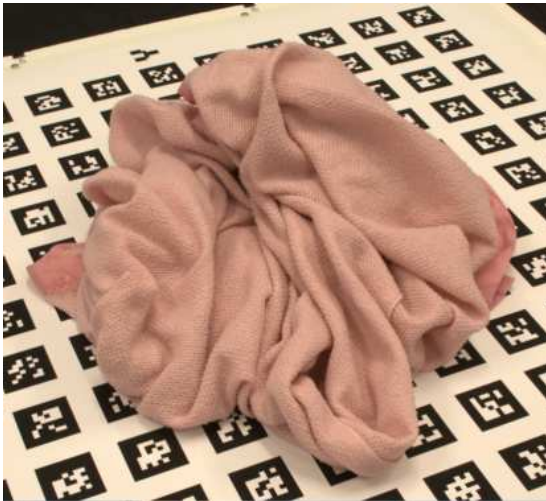
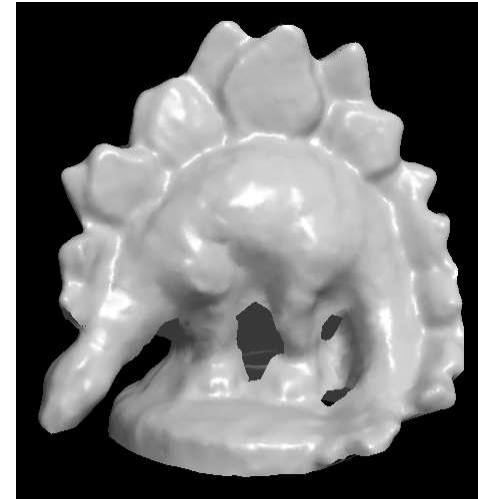
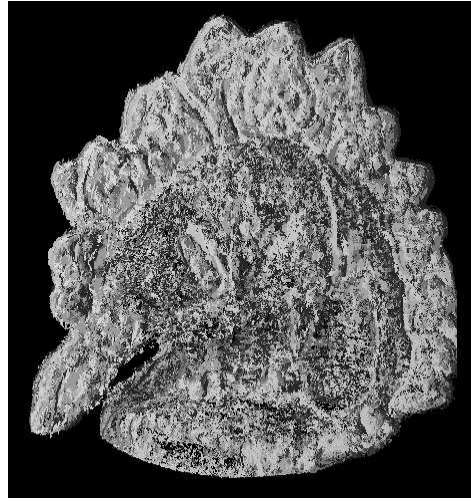
▶ Résultat :

- Modèle surfacique ou volumique

=> Problème délicat!



Résultat



[Bradley 08]

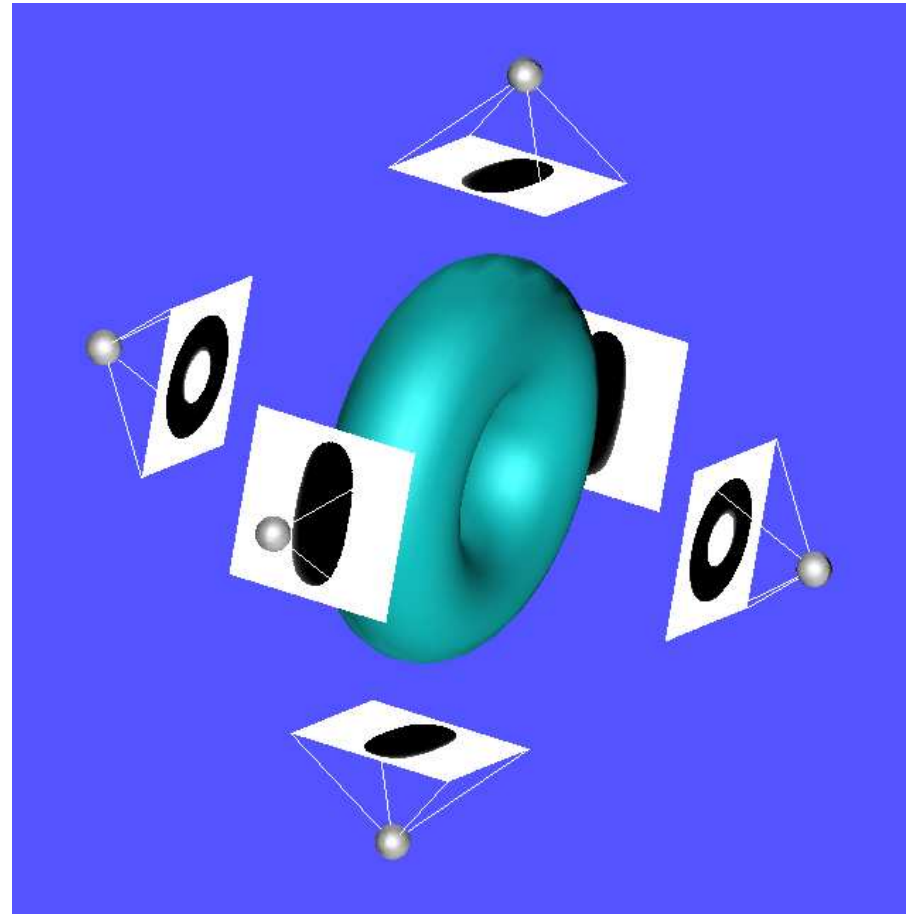
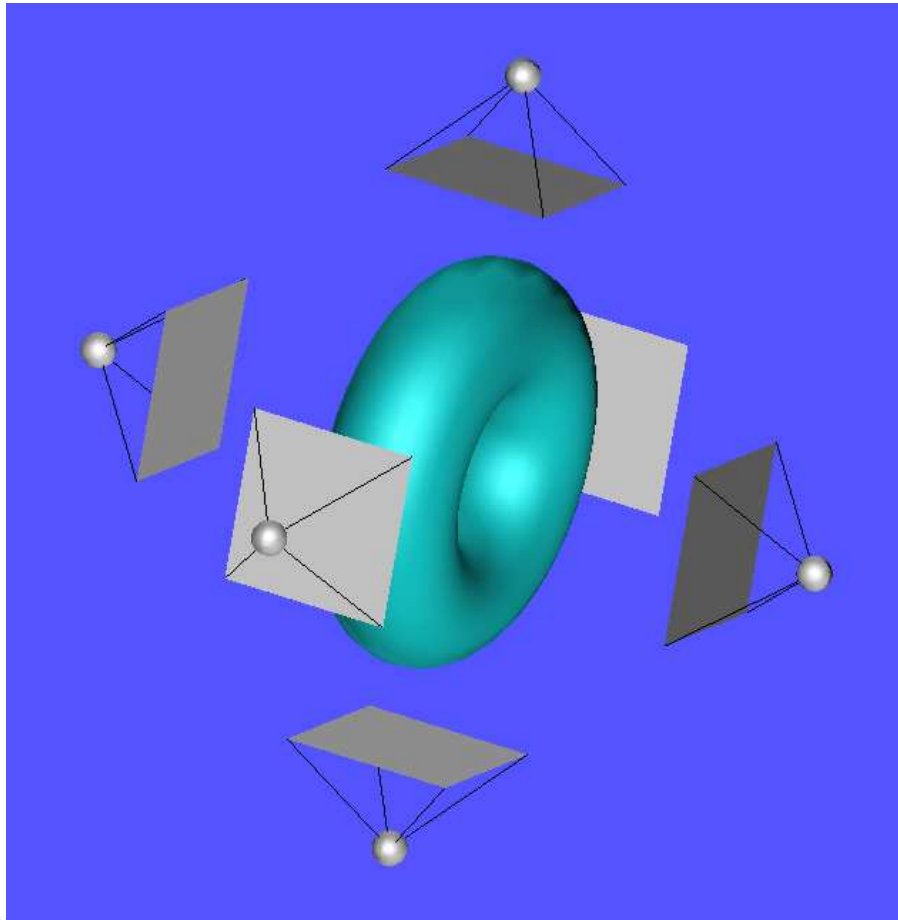
Reconstruction géométrique

- ▶ Données :
 - Images (2D)
 - Caméras calibrées
- ▶ Extraction de primitives 2D :
 - Points d'intérêt (points, droites)
 - Régions (silhouettes)



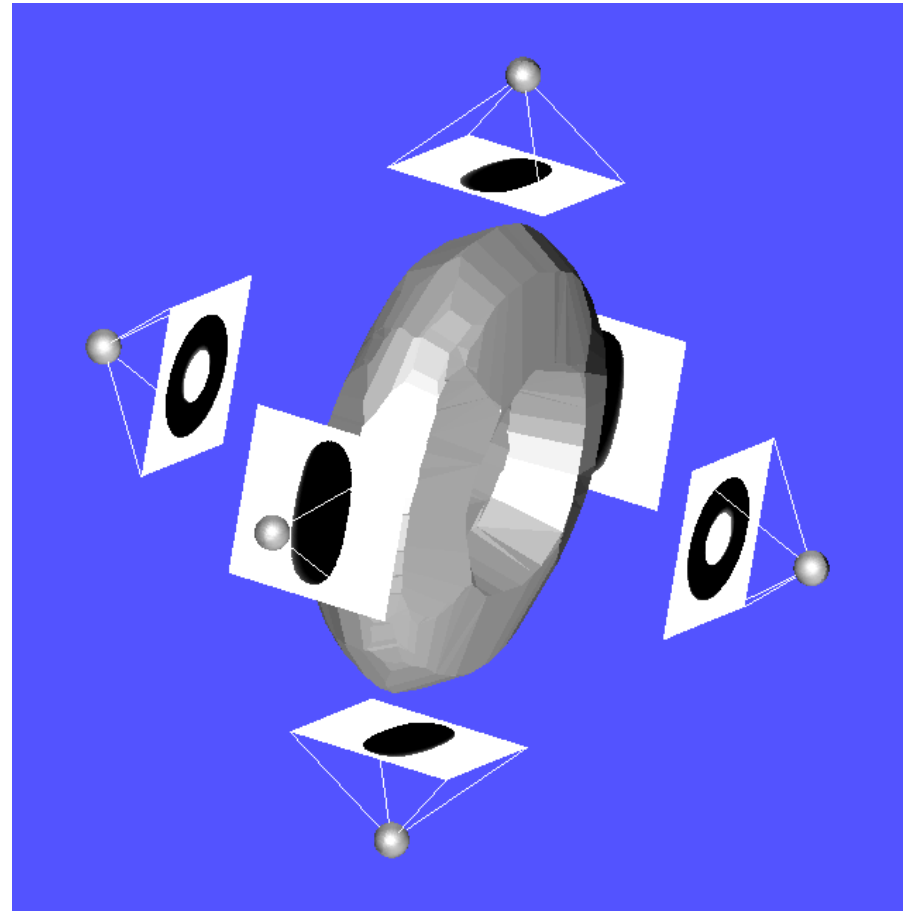
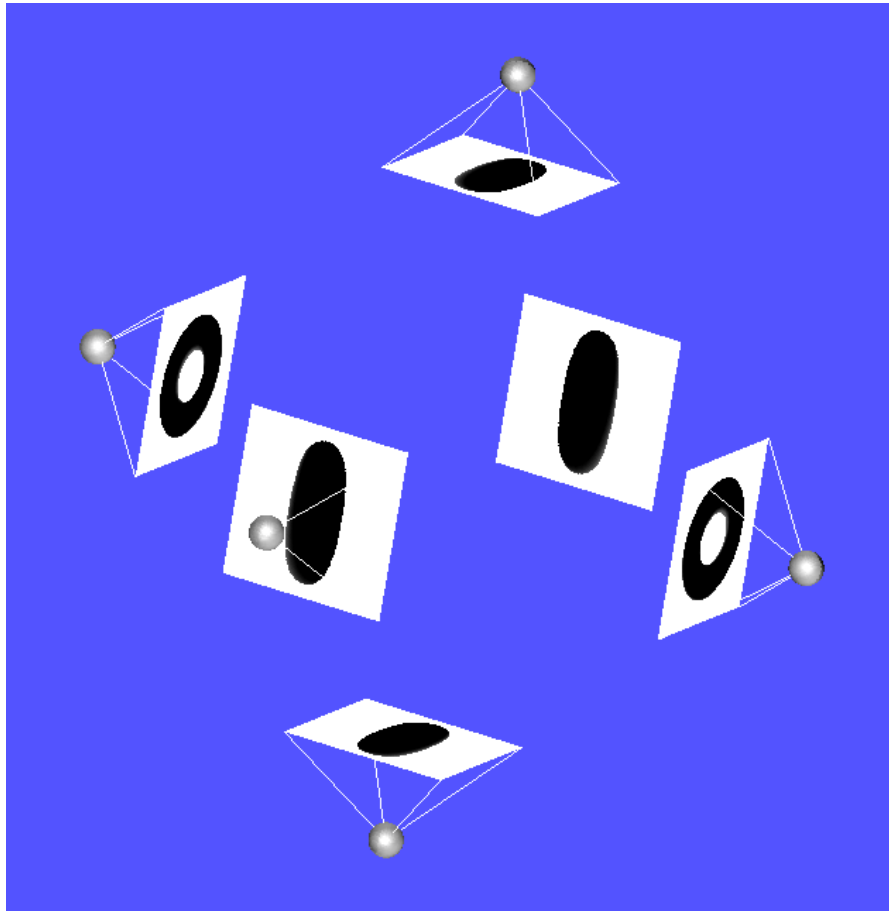
Principe

► Capture :



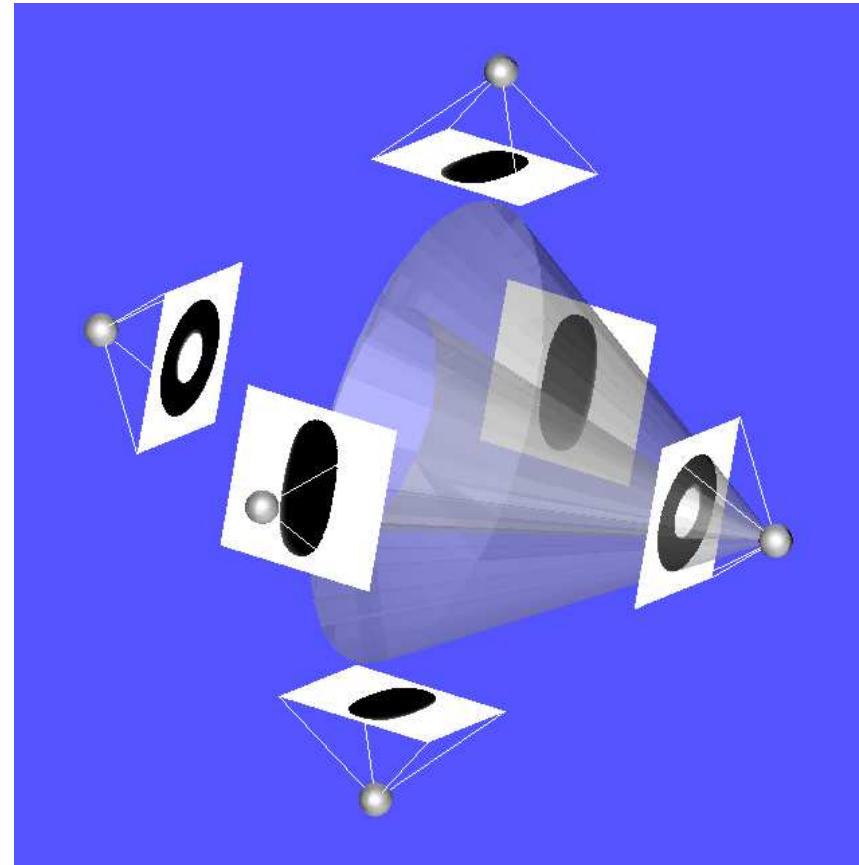
Principe

► Reconstruction



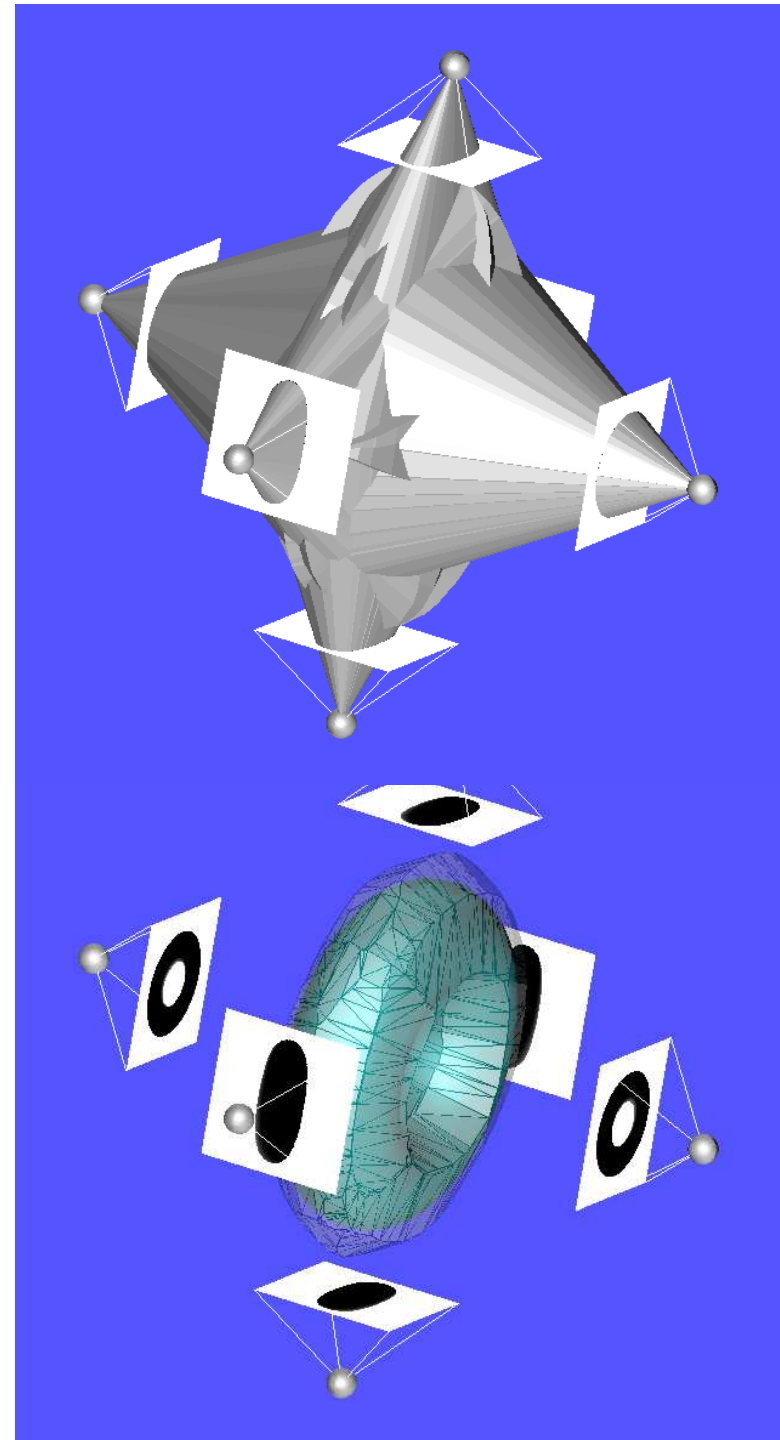
Principe

- ▶ Cône de vue :
 - Ensemble de rayons issus du centre optique et passant par la silhouette
 - Tangent à la surface à modéliser



Principe

- ▶ Enveloppe visuelle :
 - Intersection des cônes de vue
 - Approximation du modèle (surface englobante)
 - Quand le nombre de caméras tend vers l'infini, l'enveloppe visuelle tend vers le modèle (sans les parties concaves)



Extraction des silhouettes

▶ Segmentation :

- Manuelle
- Automatique
 - Suivi de contours
 - Fond bleu/vert/couleur différente du sujet
 - Soustraction de fonds par modèles statistiques de fonds (mélange de gaussiennes, histogrammes, ...)

▶ Problèmes :

- Ambiguïtés sujet/fond
- Bruit



Enveloppe visuelle

- ▶ Approches volumiques
- ▶ Approches surfaciques
- ▶ Approches images



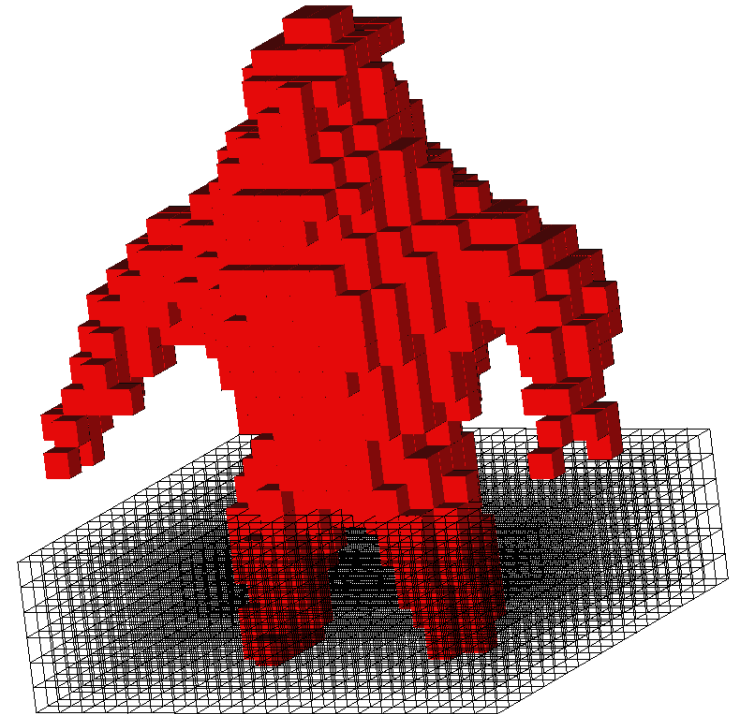
Enveloppe visuelle

- ▶ **Approches volumiques**
- ▶ Approches surfaciques
- ▶ Approches images



Approches volumiques

- ▶ Grille de voxels
- ▶ Elimination des voxels qui ne se projettent pas à l'intérieur des silhouettes
- ▶ Simple, rapide, parallélisable
- ▶ Compromis précision/complexité



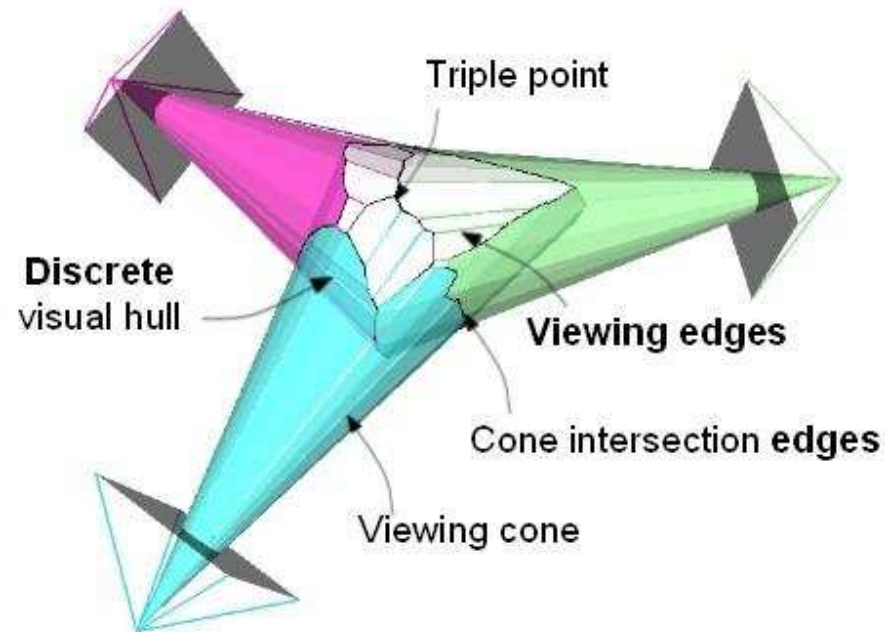
Enveloppe visuelle

- ▶ Approches volumiques
- ▶ **Approches surfaciques**
- ▶ Approches images



Approches surfaciques

- ▶ Approche polyédrique :
 - Silhouette = polygone
 - Cône de vue = polyèdre

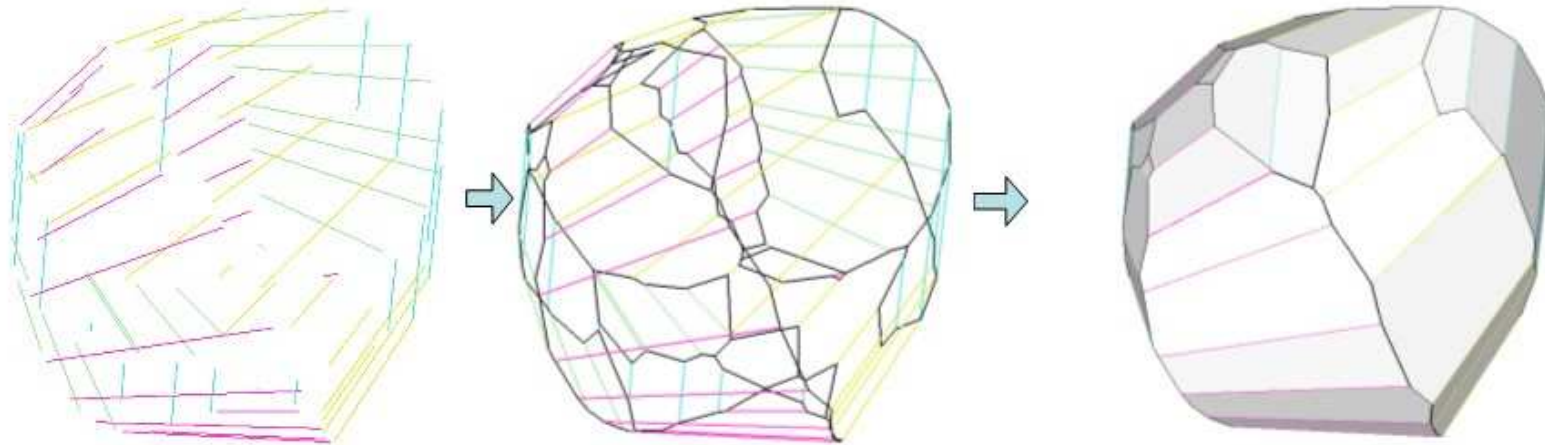


[Franco-Boyer 03]

Approches surfaciques

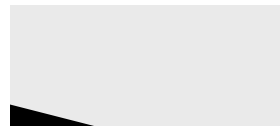
Calcul :

1. Segments de vue : contribution d'un segment à l'enveloppe visuelle selon la ligne de vue
2. Maillage reliant les segments de vue
3. Facettes en parcourant le maillage orienté



Le cas d'une sphère observée suivant 4 points de vues (4 couleurs)

Approches surfaciques



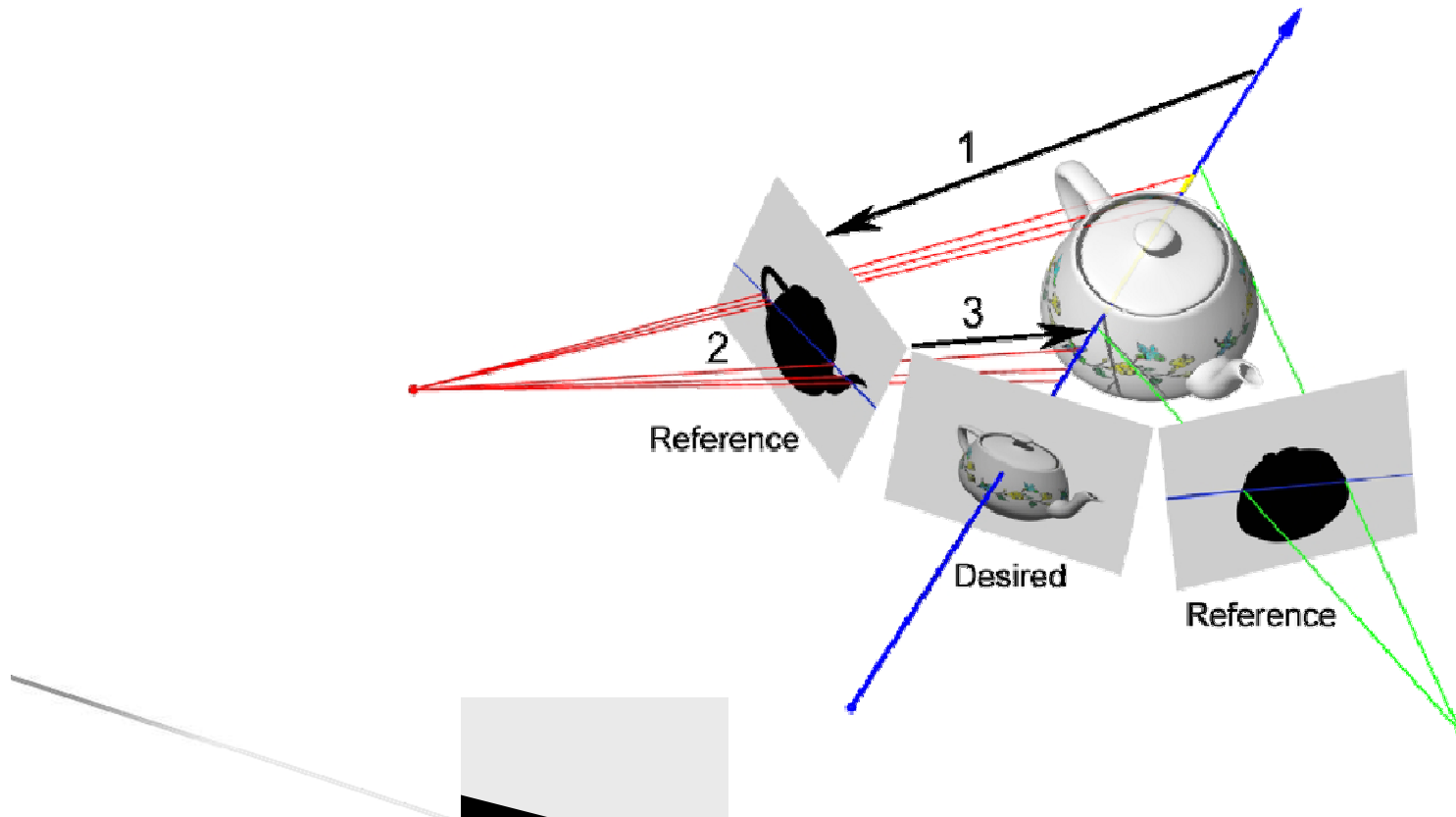
Enveloppe visuelle

- ▶ Approches volumiques
- ▶ Approches surfaciques
- ▶ **Approches images**

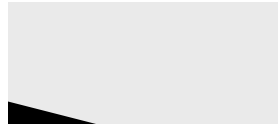


Approches images [Matusik 00]

- ▶ Calcul d'un nouveau point de vue
- ▶ Projeter la ligne de vue sur les autres images
 - => segments de vue
 - Pixel à afficher = point le plus proche de la caméra



Approches images [Matusik 00]



Silhouettes

- ▶ Définissent directement des modèles surfaciques et volumiques
- ▶ Pas de mise en correspondance
- ▶ Perte des concavités



Modèles 3D à partir d'images

- Systèmes d'acquisition
- Reconstruction géométrique
- Reconstruction géométrique et photométrie
- Exemples d'applications



Reconstruction géométrique et photométrique

- ▶ Utilisation d'informations photométriques (couleurs, etc) pour modéliser de manière plus fine
- ▶ Hypothèses :
 - Surface lambertienne :
 - Quantité de lumière renvoyée = albedo * (N.L)
 - Brillante de la même manière dans toutes les directions

=> Critère de photocohérence



Critère de photocohérence

- ▶ Les différentes projections d'un point 3D présentent des caractéristiques photométriques semblables dans les vues où le point est visible.
- ▶ Ce que je vois ne dépend pas du point de vue



Reconstruction géométrique et photométrique

- ▶ 2 approches :
 - Voxel colouring
 - Multi-view stereo



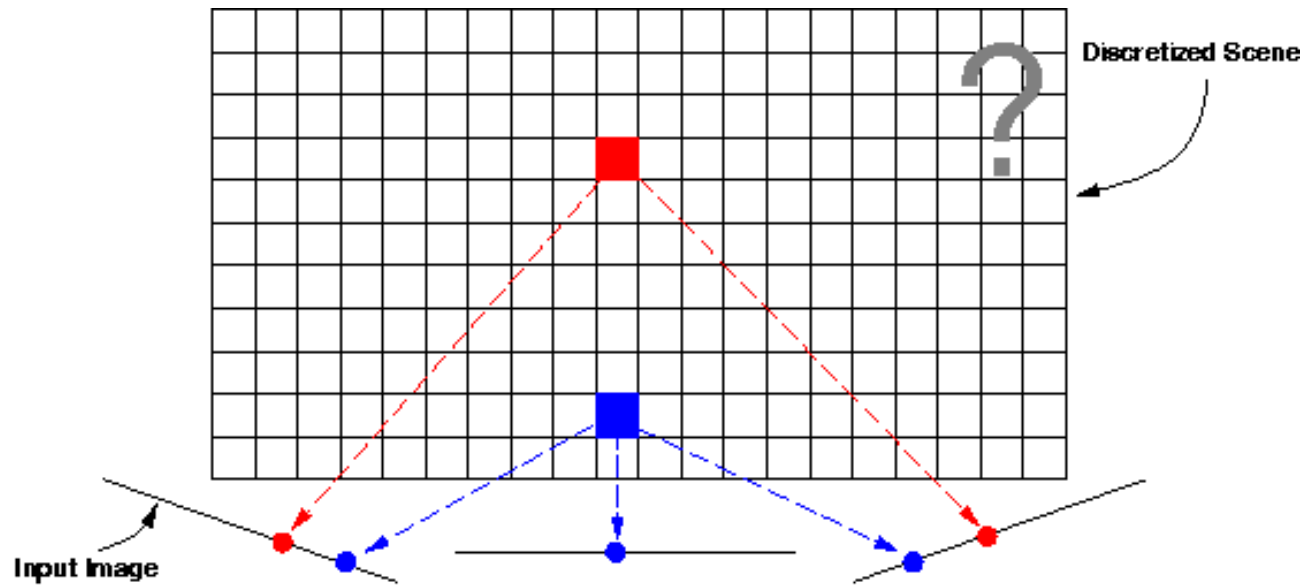
Reconstruction géométrique et photométrique

- ▶ 2 approches :
 - **Voxel colouring**
 - Multi-view stereo



Voxel colouring

- ▶ Grille de voxels
- ▶ Les voxels non photocohérents sont éliminés



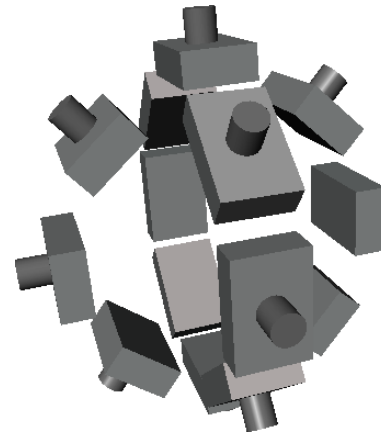
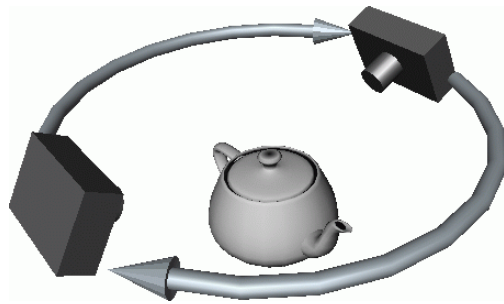
[Seitz]:

<http://www.cs.cmu.edu/~seitz/vcolor.html>

Voxel colouring – Problème

► Visibilité ?

- Situation simple : scène à l'extérieur de l'enveloppe convexe => élimination par ordre de distance croissante à l'enveloppe convexe des caméras



- Situation plus complexe : Space carving

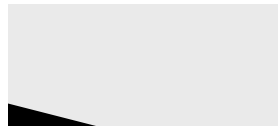


Space carving

- ▶ Choisir un voxel sur la surface courante
- ▶ Le projeter sur les images
- ▶ L'éliminer s'il n'est pas photo-cohérent
- ▶ Répéter jusqu'à convergence



[Andrew Prock & Chuck Dyer]



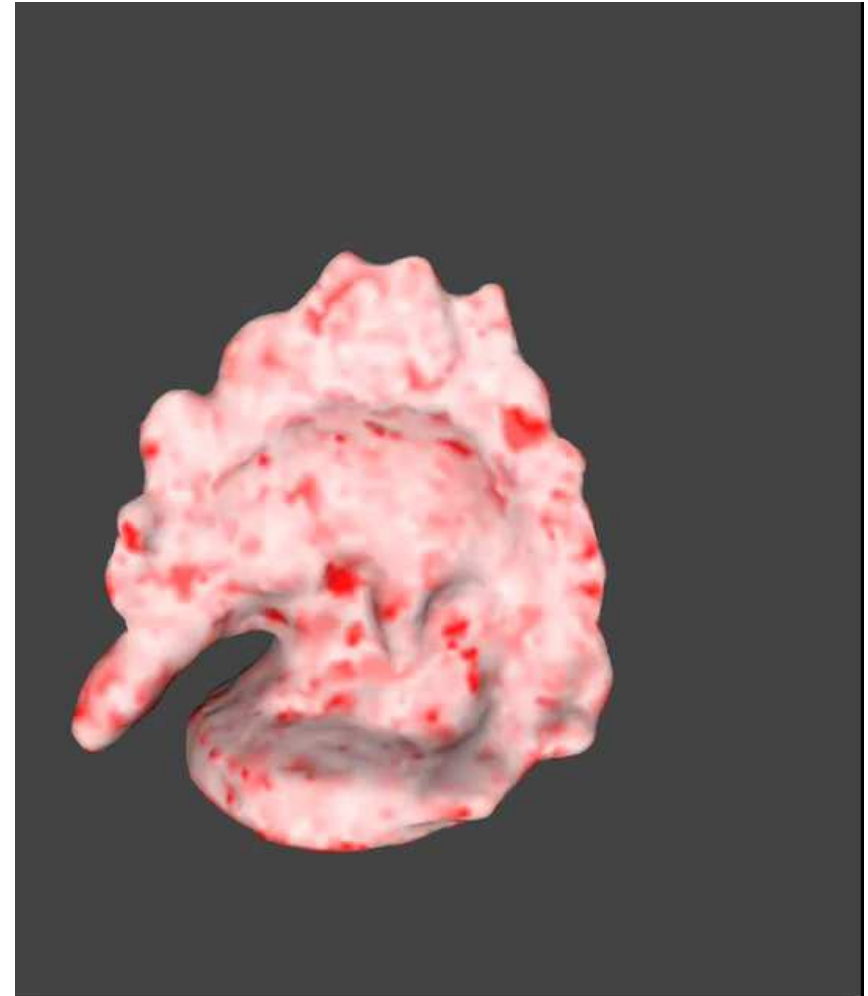
Reconstruction géométrique et photométrique

- ▶ 2 approches :
 - Voxel colouring
 - **Multi-view stereo**



Multi-view stereo

- ▶ [Hernandez 04], [Furukawa 06], [Pons 07]
- ▶ Enveloppe visuelle
- ▶ Amélioration de l'enveloppe visuelle
 - Optimisation de la surface pour maximiser la photocoherence



Reconstruction géométrique et photométrique



[A. Hilton & J. Starck'06, Surry, UK]



Modèles 3D à partir d'images

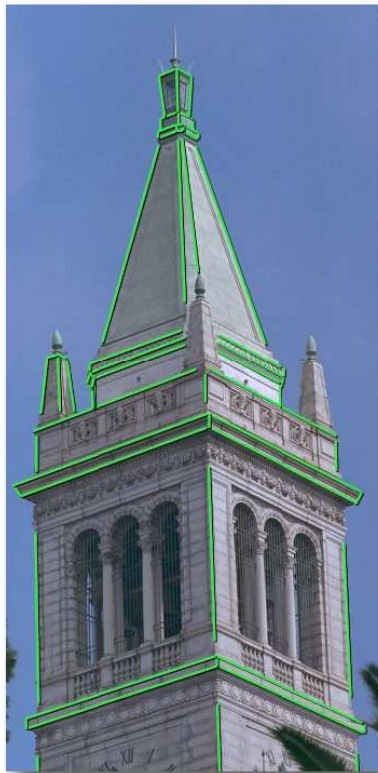
- Systèmes d'acquisition
- Reconstruction géométrique
- Reconstruction géométrique et photométrie
- Exemples d'applications



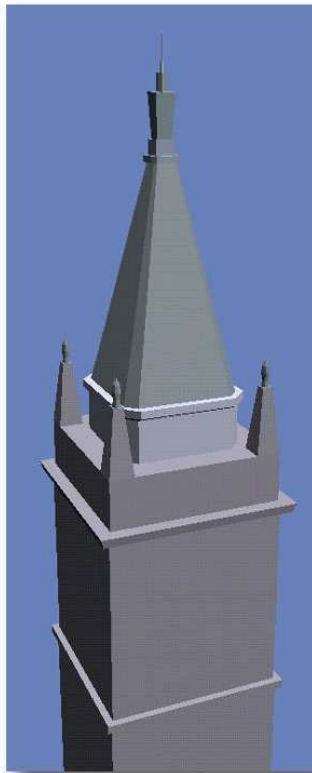
The Campanile

Modeling and Rendering Architecture from Photographs

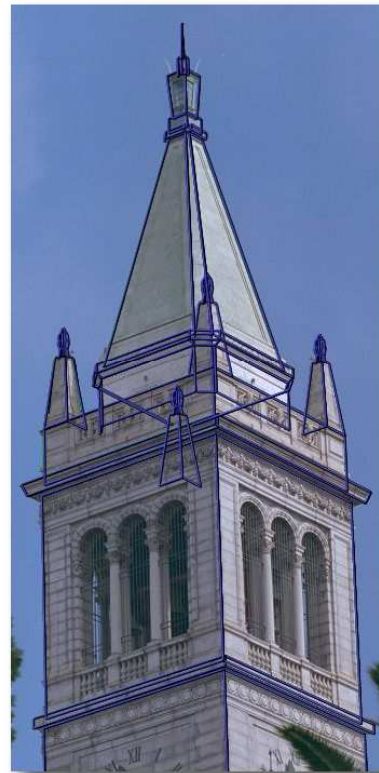
Debevec, Taylor, and Malik 1996



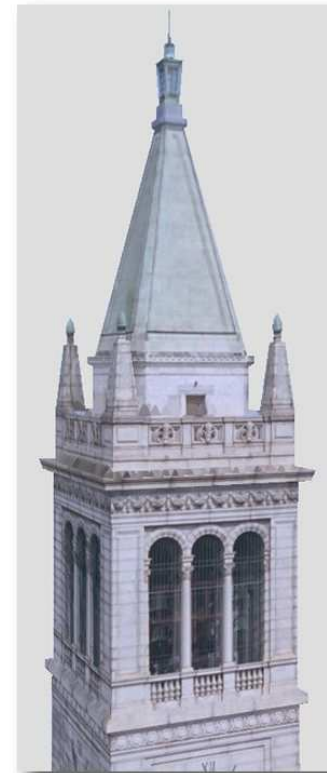
Original photograph with marked edges



Recovered model



Model edges projected onto photograph



Synthetic rendering



Chevelure [Paris et al 04]



Photosynth (Siggraph06)

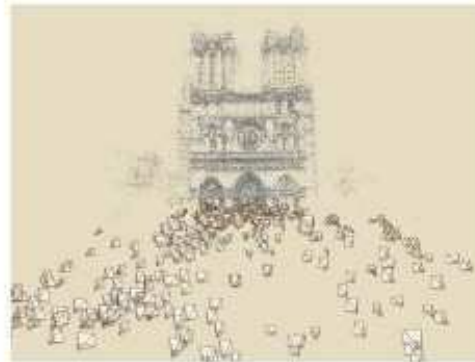


Photo Tourism Exploring photo collections in 3D

Microsoft



(a)



(b)



(c)

Photo tourism is a system for browsing large collections of photographs in 3D. Our approach takes as input large collections of images from either personal photo collections or Internet photo sharing sites **(a)**, and automatically computes each photo's viewpoint and a sparse 3D model of the scene **(b)**. Our photo explorer interface enables the viewer to interactively move about the 3D space by seamlessly transitioning between photographs, based on user control **(c)**.



Grimage (Siggraph09)



Emily (CVPM09)

THE DIGITAL EMILY PROJECT
achieving a photoreal digital actor



A COLLABORATION BETWEEN:
IMAGE METRICS
USC INSTITUTE FOR CREATIVE TECHNOLOGIES

