

Reconstruction 3D monoculaire d'une surface déformable inextensible

Florent Brunet^{1,2,4}, Richard Hartley³, Adrien Bartoli²
Nassir Navab⁴, Rémy Malgouyres⁵

¹IMFT / Fédération Fermat, Toulouse, France

²ISIT, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand, France

³Research School of Information Sciences, ANU, NICTA, Australia

⁴CAMPAR, Technische Universität München, Allemagne

⁵LIMOS, Université d'Auvergne, Clermont-Ferrand, France

Journée SfM/SfX du GdR ISIS

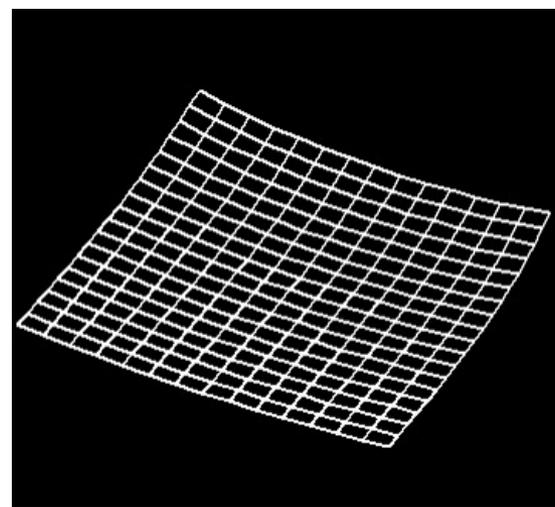
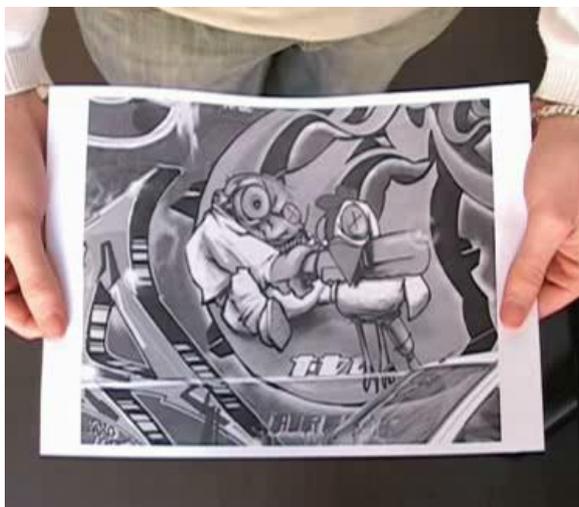
12 avril 2011

www.florentbrunet.com



Objectif

Reconstruire une surface 3D déformable
à partir d'une vidéo monoculaire



Monocular Template-based Reconstruction of Smooth and Inextensible Surfaces
F. Brunet, R. Hartley, A. Bartoli, N. Navab, R. Malgouyres
Tenth Asian Conference on Computer Vision (ACCV), New Zealand, November 2010

Plan

- Précédentes approches
- L'heuristique des « profondeurs maximales »
- Déformation isométrique et surface analytique
- Et après ?

Précédentes approches

C'est pas facile

Problème mal posé (ambiguïtés de profondeur)

→ Hypothèses supplémentaires nécessaires

Hypothèses supplémentaires

- Dans notre cas :
 - Surface inextensible
 - Forme de référence dans image de référence
 - Caméra perspective (calibration interne connue)
- Autres hypothèses :
 - Classification par type de contraintes
 - Classification par représentation de la surface

Types de contraintes

- Contraintes « statistiques »
 - Factorisation faible rang [Bregler 2000, Olsen 2008]
 - Approche par apprentissage [Salzmann 2009]
- Contraintes « physiques »
 - A priori spatiaux et temporels [Gumerov 2004, Prasad 2006]
 - Distances géodésiques constantes (inextensibilité)
 - Approximation euclidienne [Salzmann2007, Shen 2009]
 - Profondeurs maximales [Salzmann 2008, Perriollat 2010]
- Combinaisons [Bartoli 2008, Del Bue 2008]

Représentation de la surface

- Points 3D [Perriollat 2010]
- Maillage triangulaire [Salzmann2008, Salzmann 2009]
- Surface analytique continue (fonctions à bases radiales) [Perriollat 2010, Bartoli 2008]

L'heuristique des « profondeurs maximales »

Origines

- Initialement proposé par [Perriollat 2008]
 - Surface inextensible, caméra perspective, forme de référence
 - Profondeur des correspondances de points
 - (surface analytique)
 - Algorithme itératif ad hoc

- Améliorée par :
 - [Salzmann 2008] : formulation convexe (SOCP)
 - [Salzmann 2009] : combinaison avec apprentissage
 - (maillage triangulaire + apprentissage)

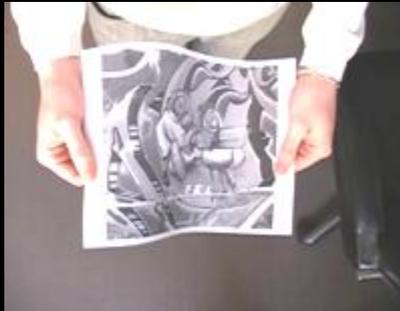
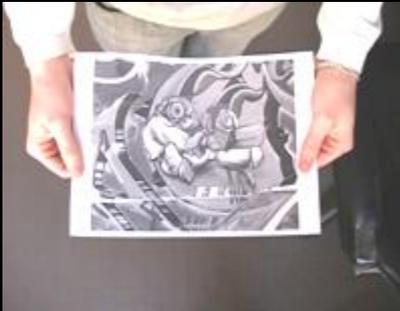
Qu'est-ce qu'on a ?

- Une seule vidéo



- Environnement déformable
- Hypothèses :
 - Modèle perspectif
 - Surfaces inextensibles
 - Forme de référence

Le principe



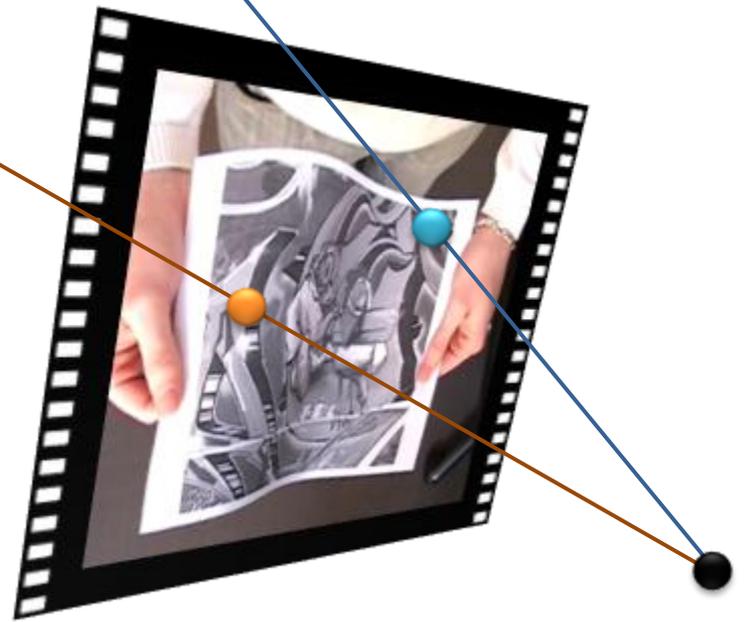
Le principe



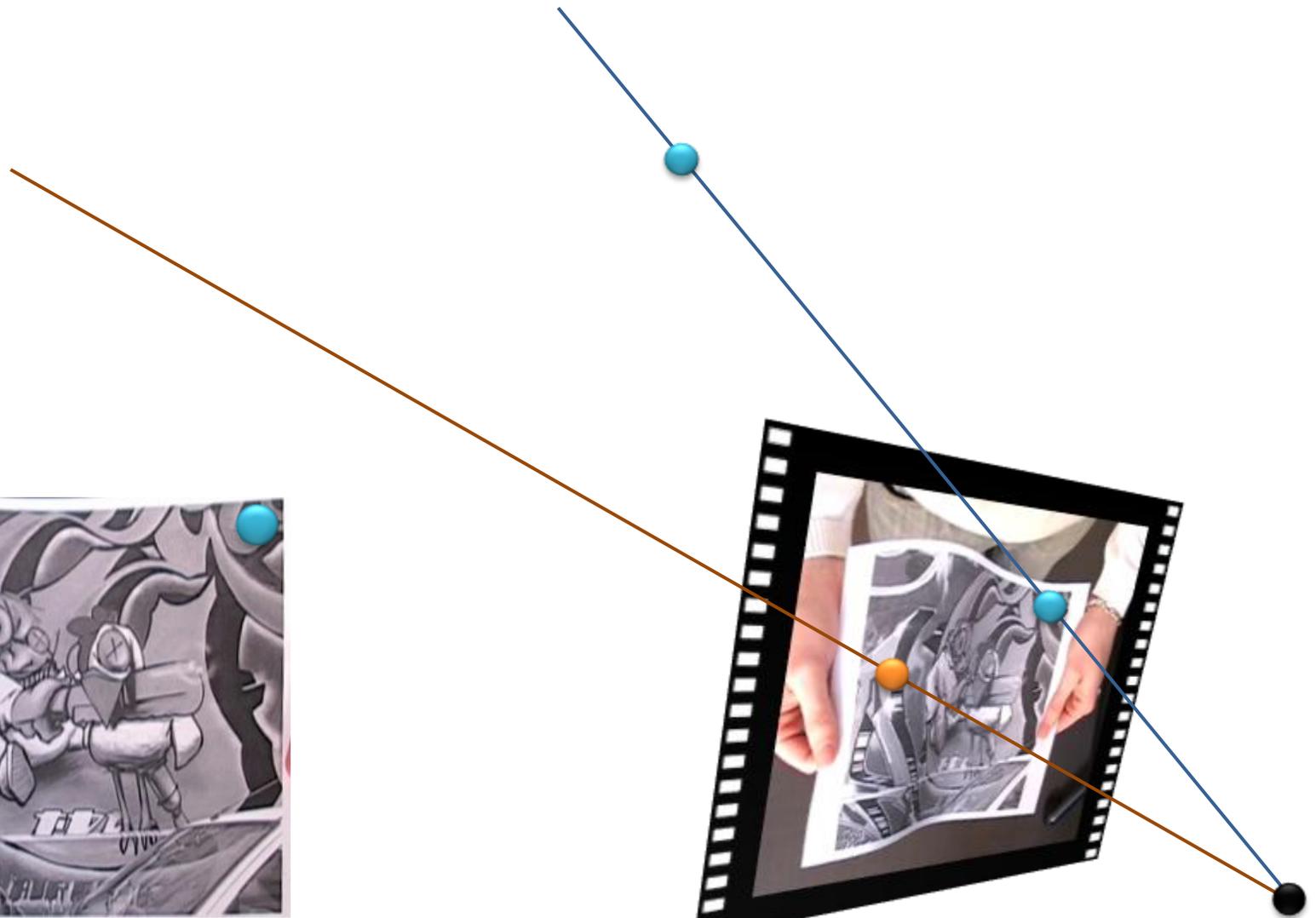
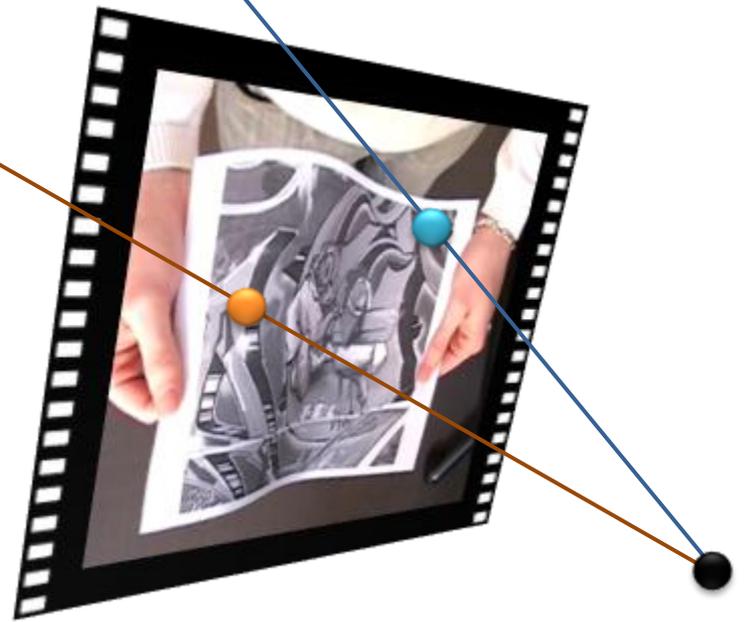
Le principe



Le principe



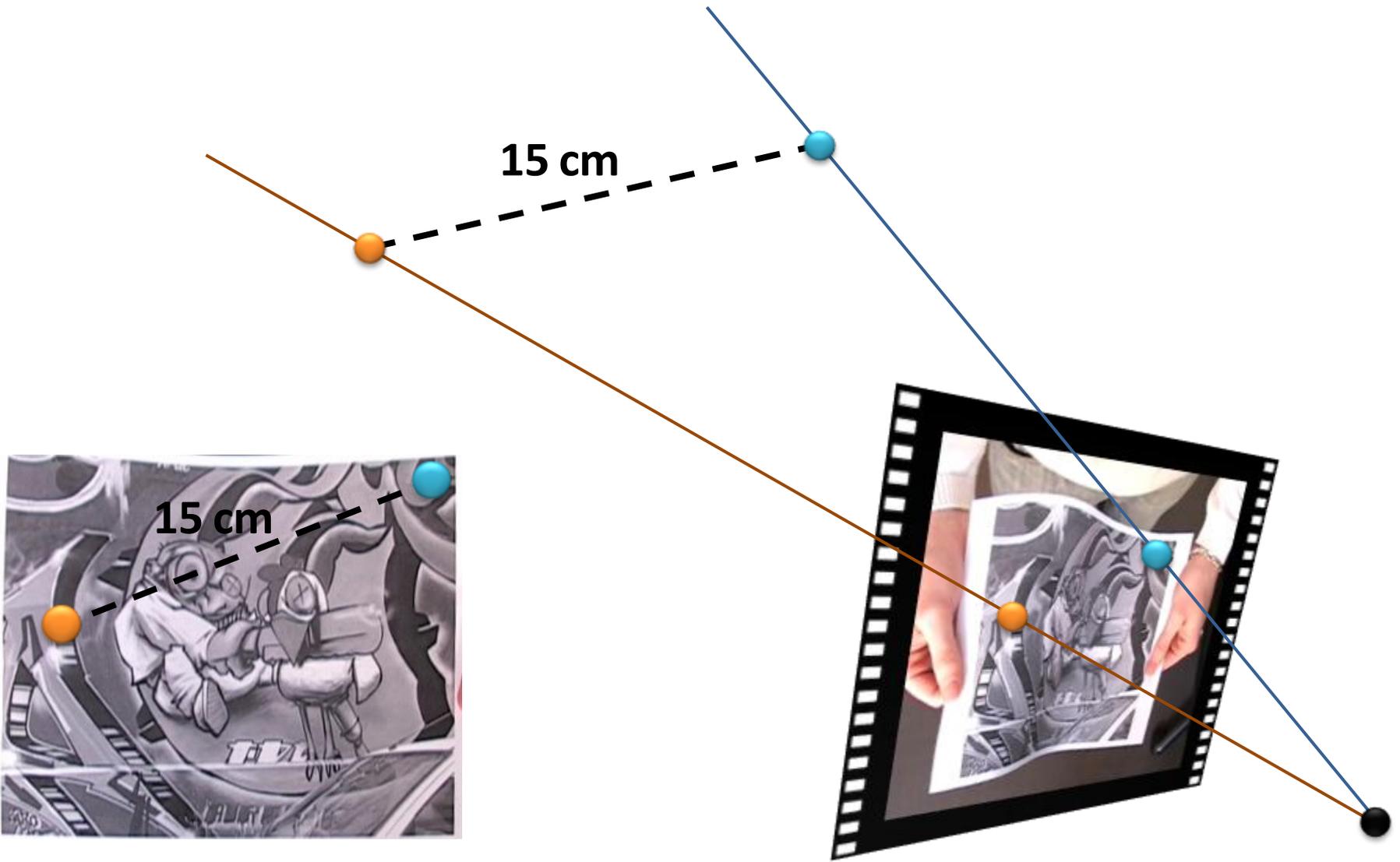
Le principe



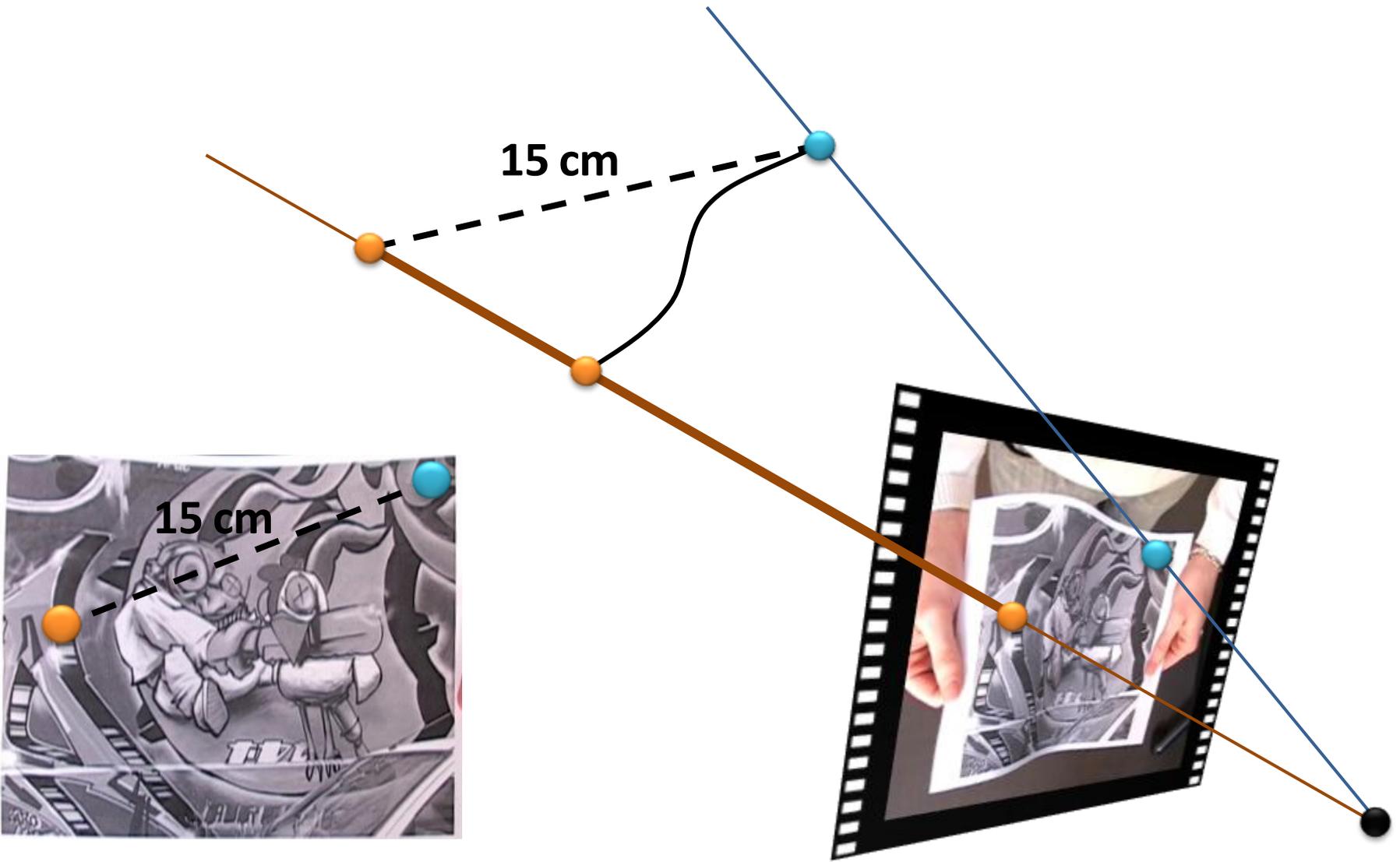
Le principe



Le principe



Le principe



Formulation SOCP

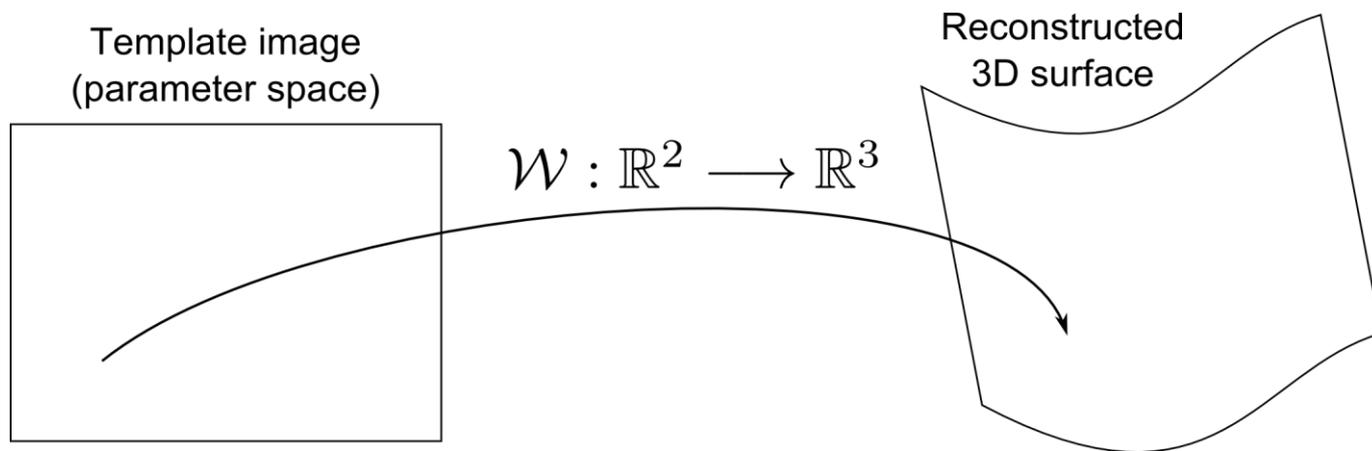
- Principe : repousser les points 3D à leur profondeur maximale
- Formulation SOCP (avec bruit)

$$\begin{aligned}
 & \max_{\mathbf{Q}} \mathbf{p}_3^T \sum_{i=1}^{n_c} \mathbf{Q}_i \\
 \text{subject to} & \left\| \begin{bmatrix} \mathbf{p}_1^T \\ \mathbf{p}_2^T \end{bmatrix} \mathbf{Q}_i - \mathbf{q}'_i \mathbf{p}_3^T \mathbf{Q}_i \right\| \leq \varepsilon_I \mathbf{p}_3^T \mathbf{Q}_i \quad \forall i \in \{1, \dots, n_c\} \\
 & \|\mathbf{Q}_i - \mathbf{Q}_j\| \leq d_{ij} \quad \forall (i, j) \in \mathcal{E} \\
 & \mathbf{p}_3^T \mathbf{Q}_i \geq 0 \quad \forall i \in \{1, \dots, n_c\}
 \end{aligned}$$

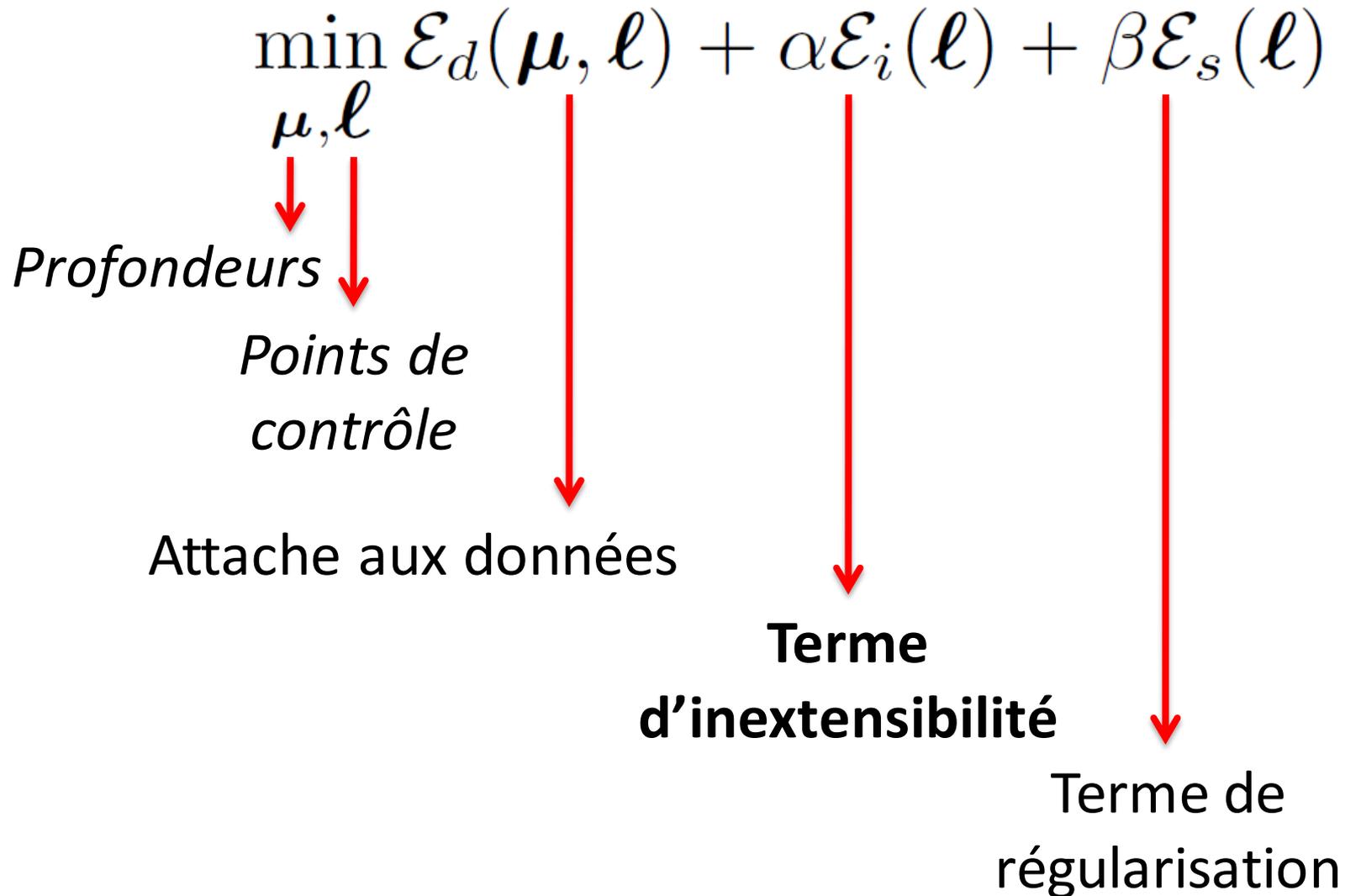
Déformation isométrique et surface analytique

Généralités

- Profondeurs maximales \rightarrow reconstruction de points
- Ici : reconstruction d'une surface analytique (produit tensoriel de B-splines)



Approche proposée



Inextensibilité

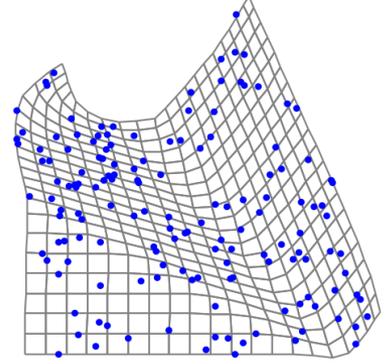
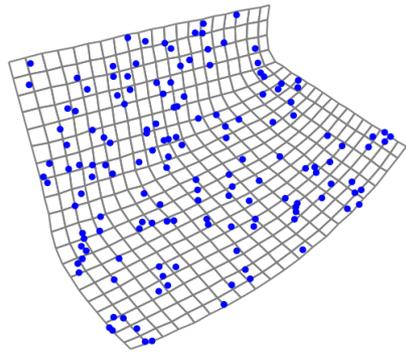
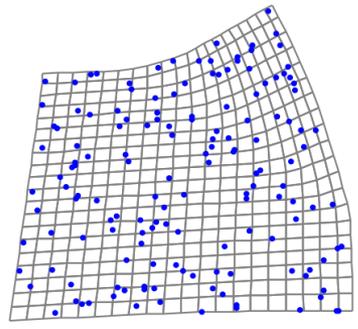
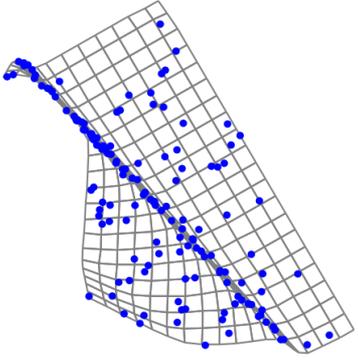
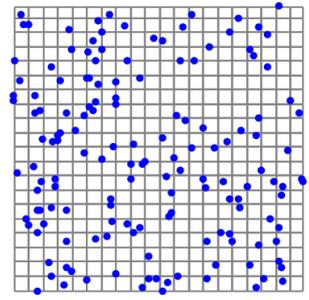
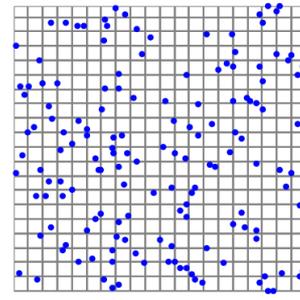
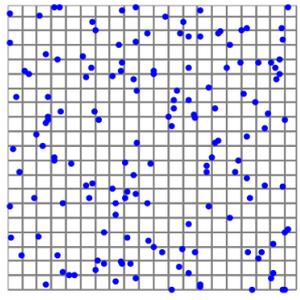
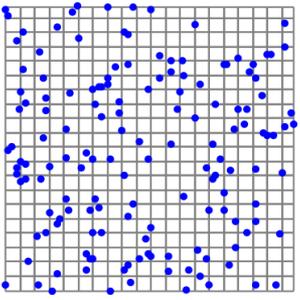
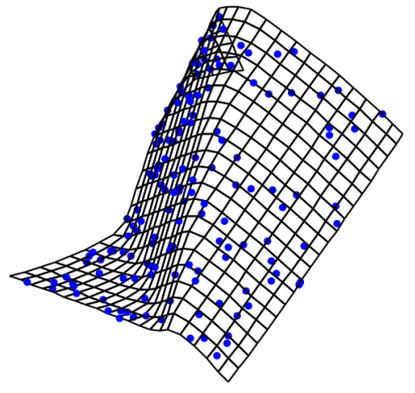
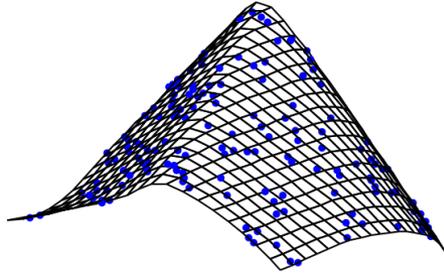
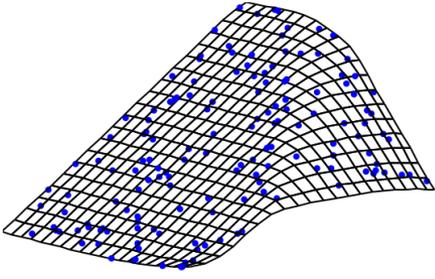
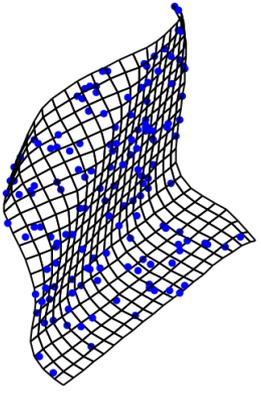
- Notre idée : contraindre le mapping 2D-3D à être une déformation isométrique

$$\iint \|\mathbf{J}(\mathbf{q})^\top \mathbf{J}(\mathbf{q}) - \mathbf{I}_2\|^2 d\mathbf{q} = 0$$

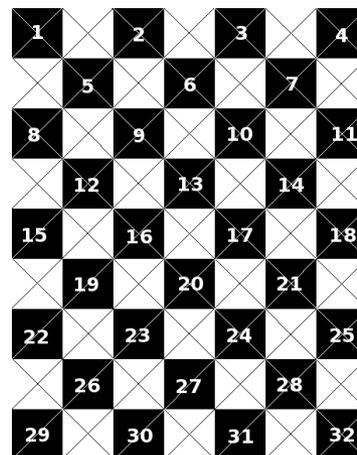
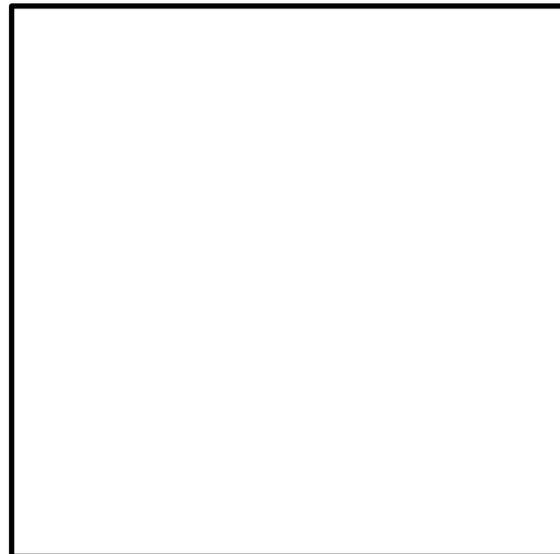
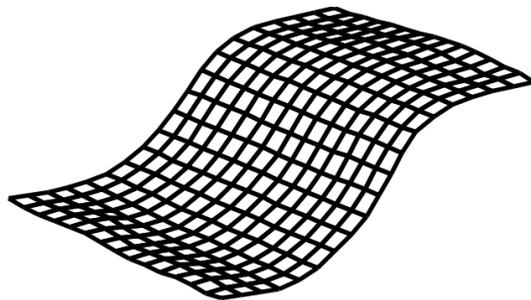
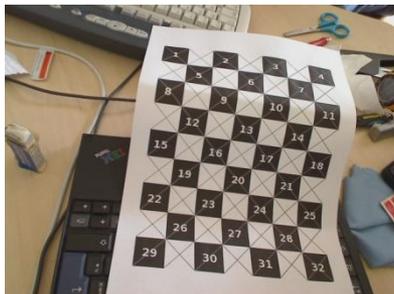
- En pratique, cette contrainte est discrétisée

$$\mathcal{E}_i(\mathcal{W}) = \sum_{j=1}^{n_j} \|\mathbf{J}(\mathbf{g}_j)^\top \mathbf{J}(\mathbf{g}_j) - \mathbf{I}_2\|^2$$

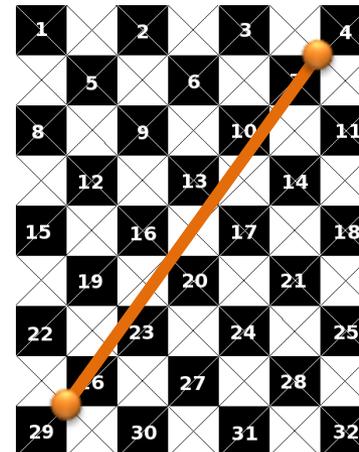
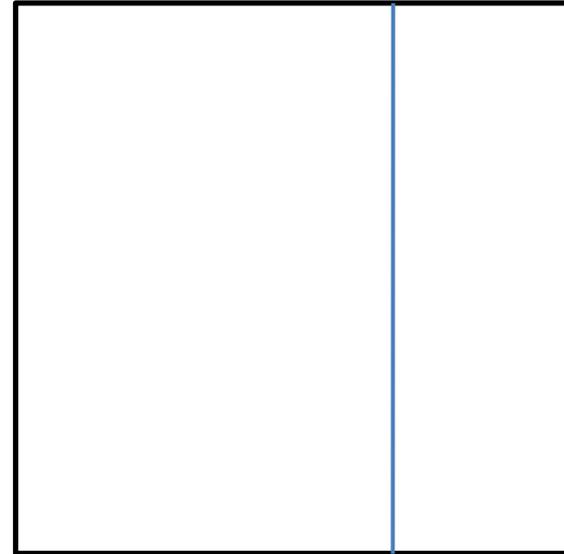
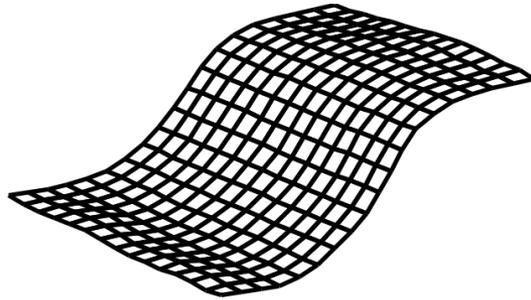
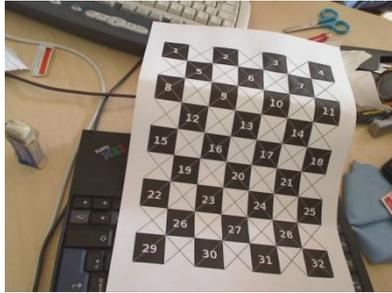
Quelques résultats



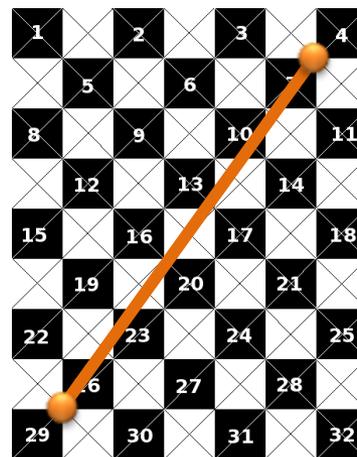
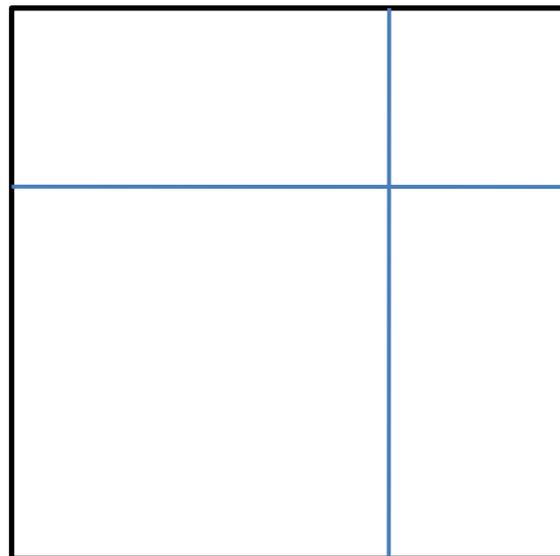
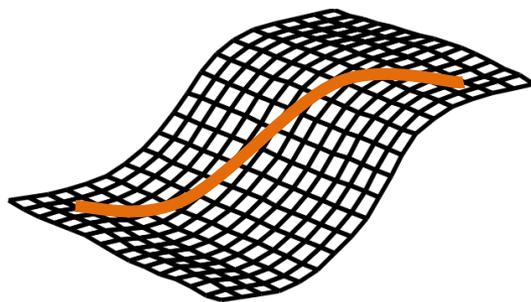
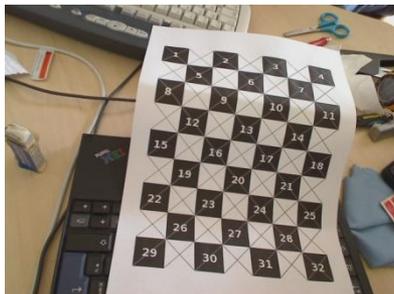
Surfaces vraiment inextensibles



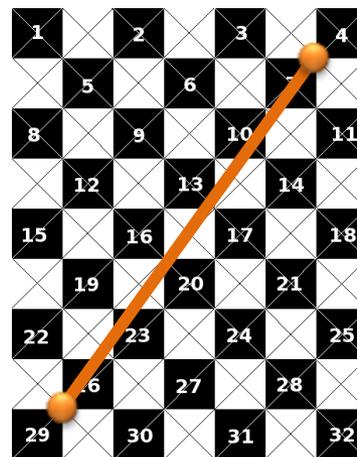
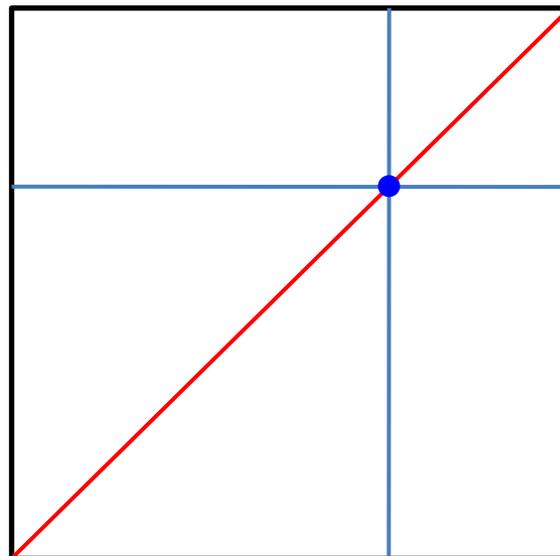
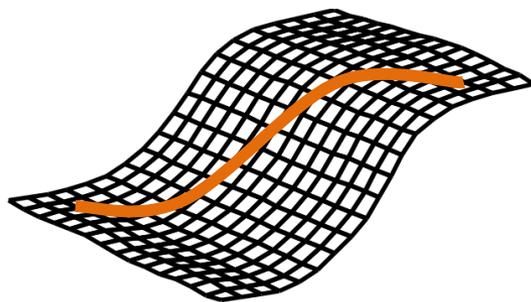
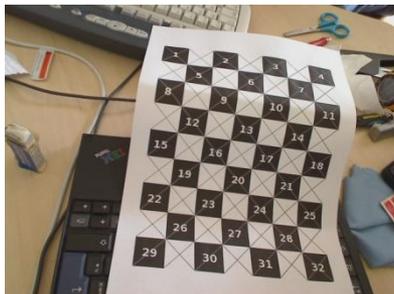
Surfaces vraiment inextensibles



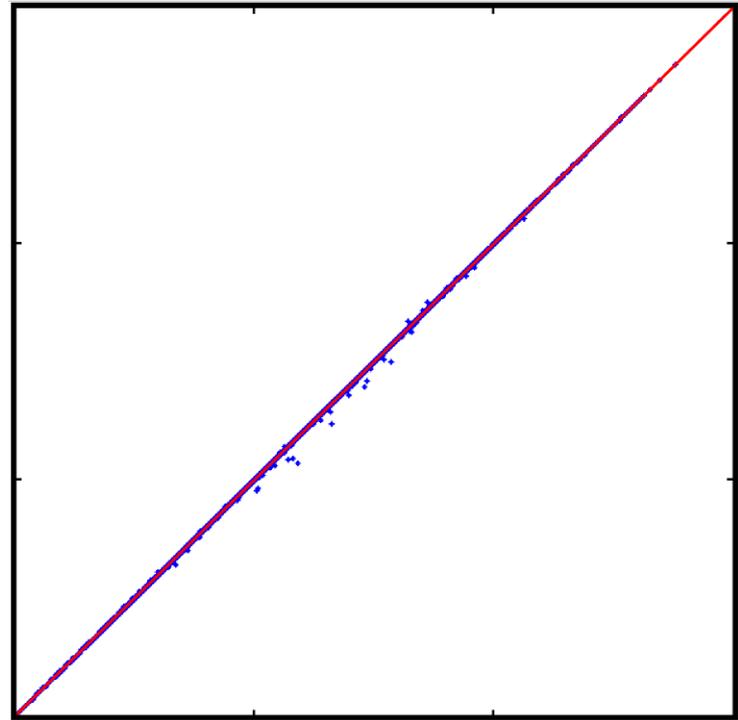
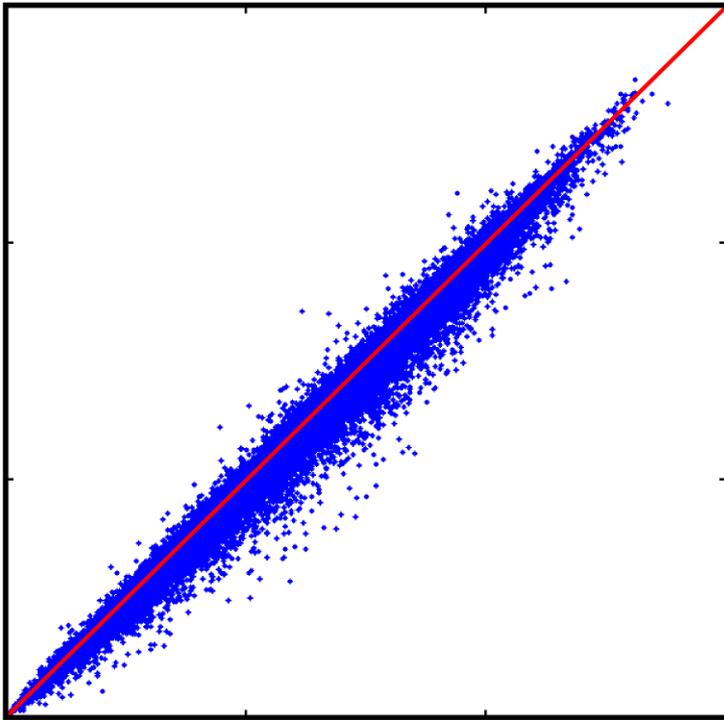
Surfaces vraiment inextensibles



Surfaces vraiment inextensibles



Surfaces vraiment inextensibles

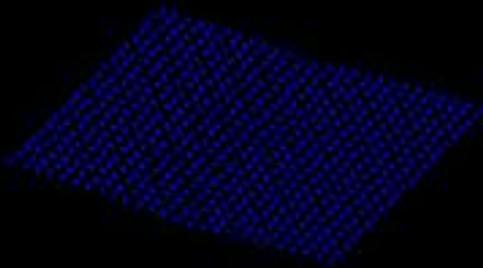


Données réelles

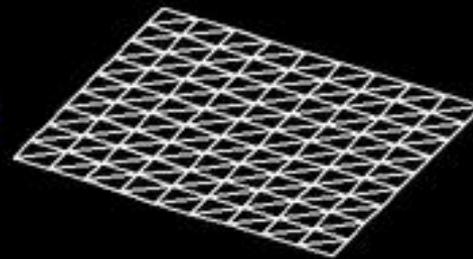
Template image



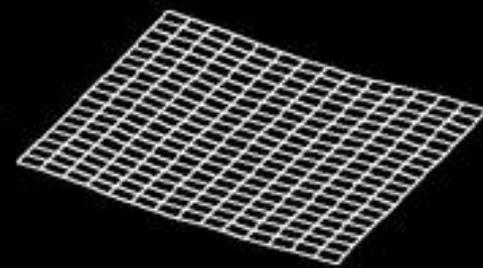
PerrioRef



Salz

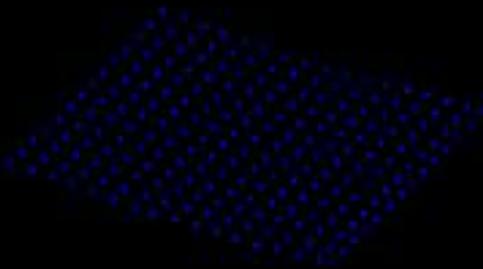


FFDinit

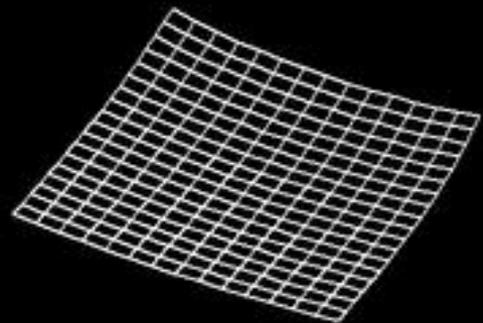


Input image

SOCPing



FFDref



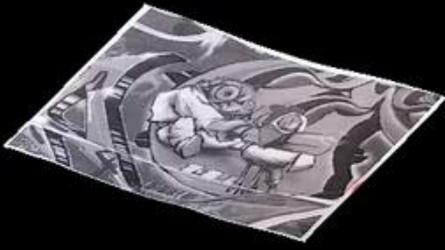
Retexturage

Input image

Salz

FFDinit

FFDref



Retextured image Textured 3D surface

Et après ?

Conclusion

- Qualité de la reconstruction conditionnée par le recalage (précision des correspondances de points)
- Version analytique des contraintes...
- Autre(s) formulation(s) des contraintes ? (ex : courbure gaussienne nulle)
- Autre(s) contrainte(s)

Merci !