

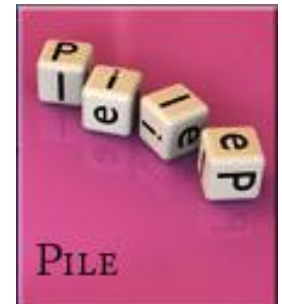
# Détermination de la pose du visage par comparaison à des images de synthèse

Kévin Bailly, Maurice Milgram

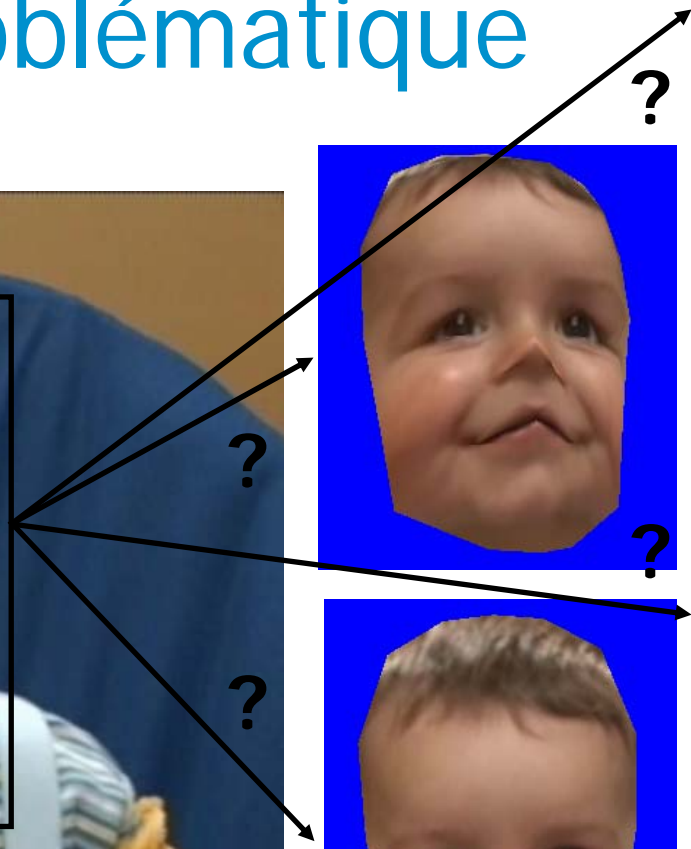
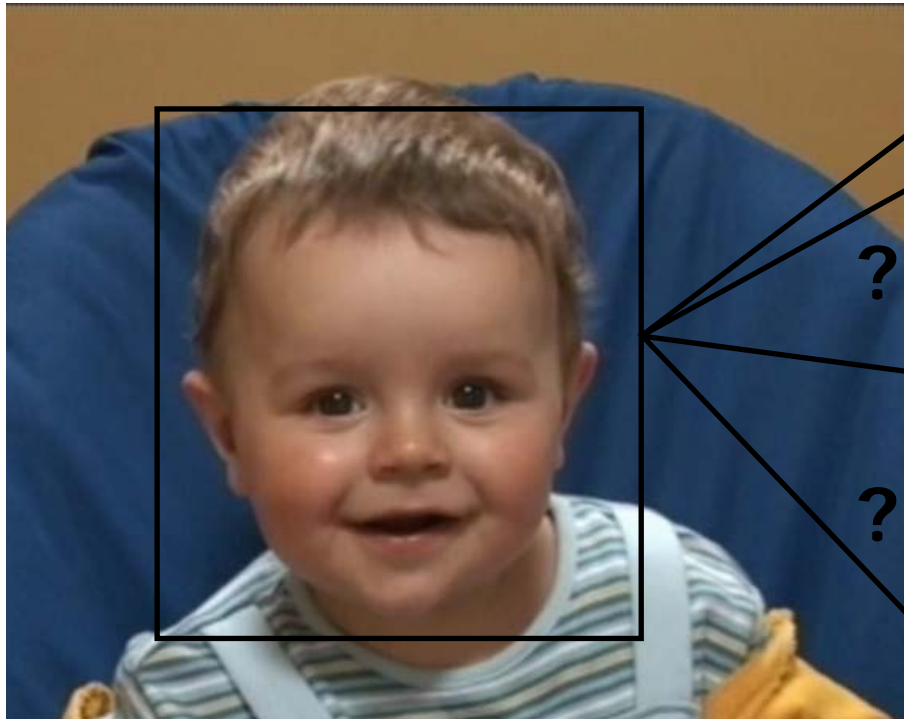
Institut Systèmes Intelligents et Robotique (ISIR)

Université Pierre et Marie Curie

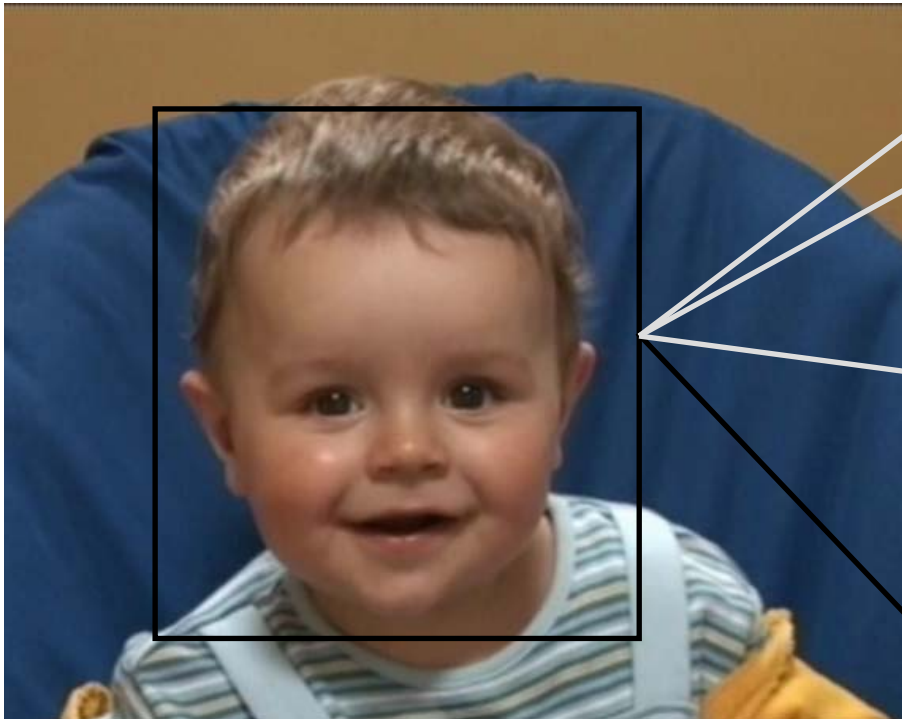
[bailly@isir.fr](mailto:bailly@isir.fr)



# Problématique



# Problématique



# Problématique

- Estimer la pose d'un visage à partir d'une base de données d'images de synthèse
  - Constitution de la base de données
  - Mesure de ressemblance entre un visage réel et un visage de synthèse

# Plan

- Constitution de la base de données
  - Estimation du modèle
  - Résultats
- Comparaison image réelle / image de synthèse
  - Caractéristiques
  - Mesure de ressemblance
  - Premiers résultats

# Plan

- Constitution de la base de données
  - Estimation du modèle
  - Résultats
- Comparaison image réelle / image de synthèse
  - Caractéristiques
  - Mesure de ressemblance
  - Premiers résultats

# Description du modèle

- Modèle 3D déformable (CANDIDE-3) :

Coordonnées des  
N points du modèle

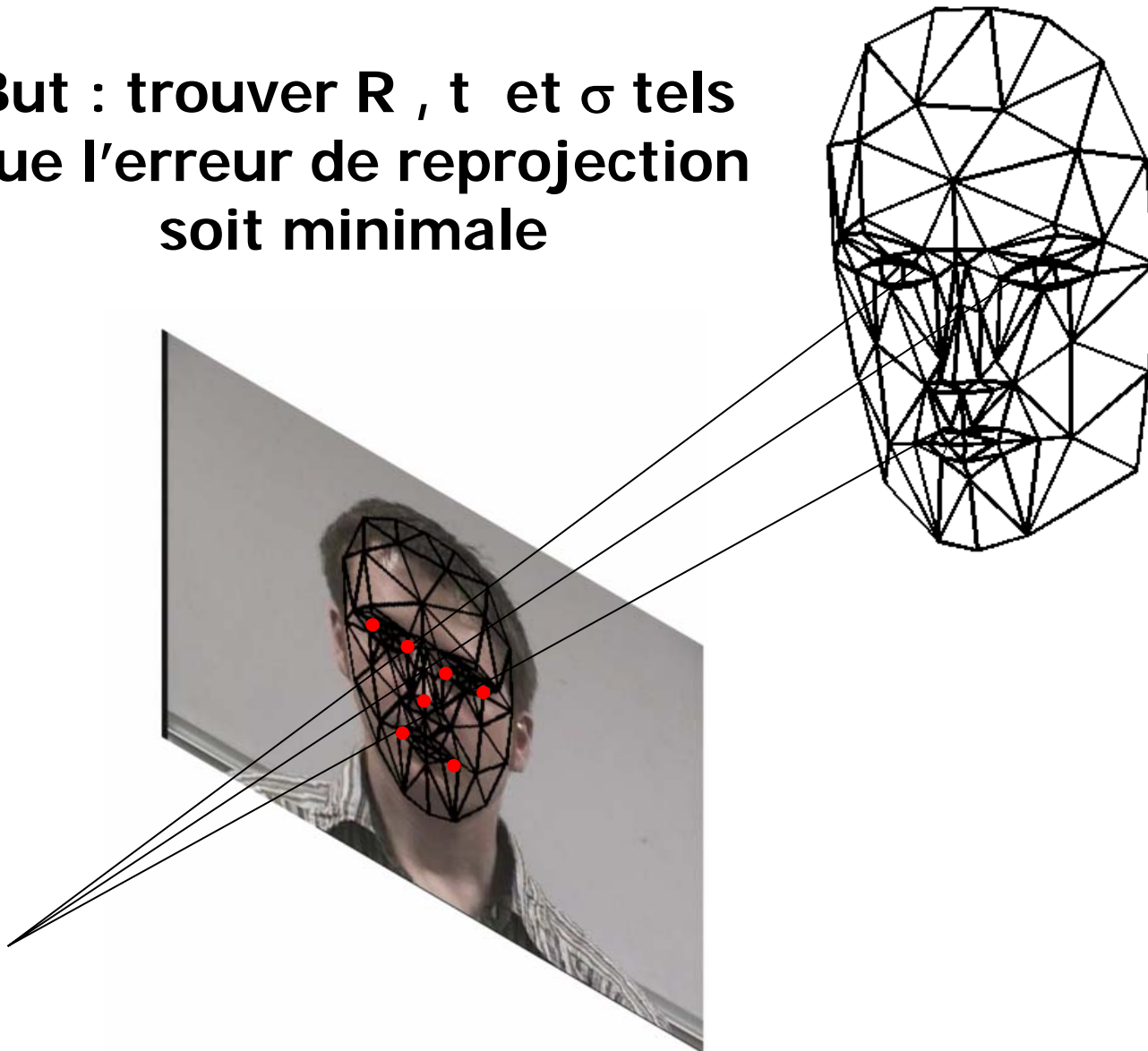
$$\mathbf{X} = \bar{\mathbf{X}} + \mathbf{S}\sigma$$

composante  
rigide du modèle

vecteurs  
de déformation

paramètres  
de forme

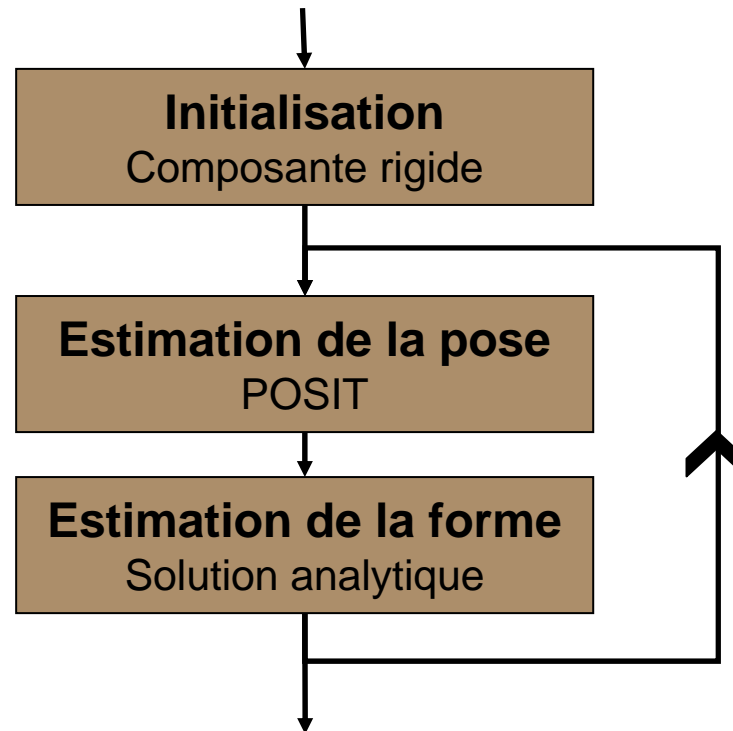
But : trouver  $R$  ,  $t$  et  $\sigma$  tels  
que l'erreur de reprojection  
soit minimale





# Principe général

Correspondance de points 2D/3D



Erreur > seuil

Paramètres de pose et de forme

# Estimation des paramètres de forme

Erreur de  
reprojection

$$\longrightarrow E = \|\mathbf{U} - \mathbf{U}'\|^2$$

Points du  
modèle projetés

Points images

# Estimation des paramètres de forme

$$E = \|\mathbf{U} - \mathbf{U}'\|^2$$

$$\sigma = \underset{\sigma}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^N \left\| \mathbf{U}'_i - \mathbf{P}(\bar{\mathbf{X}} + \sum_{j=1}^M \sigma_j \mathbf{V}_{ij}) \right\|^2$$

# Estimation des paramètres de forme

Matrice de projection

$$\mathbf{P} = \mathbf{K} [\mathbf{R} | \mathbf{t}]$$

$$\sigma = \underset{\sigma}{\operatorname{argmin}} \sum_{i=1}^N \left\| \mathbf{U}'_i - \mathbf{P} \left( \bar{\mathbf{X}} + \sum_{j=1}^M \sigma_j \mathbf{V}_{ij} \right) \right\|^2$$

# Estimation des paramètres de forme

$$\sigma = \underset{\sigma}{\operatorname{argmin}} \left\| \mathbf{U}' - \mathbf{Q} (\bar{\mathbf{X}} + \mathbf{S}\sigma) \right\|^2$$

$$\text{Avec : } \mathbf{Q} = \begin{pmatrix} \mathbf{P} & & \mathbf{0} \\ & \ddots & \\ \mathbf{0} & & \mathbf{P} \end{pmatrix}$$

# Estimation des paramètres de forme

Solution :

$$\sigma = (\mathbf{QS})^+ (\mathbf{U}' - \mathbf{Q}\bar{\mathbf{X}})$$

# Estimation des paramètres de forme

Solution robuste :

$$\sigma = \left( (\mathbf{QS})^T \mathbf{W} (\mathbf{QS}) \right)^{-1} (\mathbf{QS})^T \mathbf{W} (\mathbf{U}' - \mathbf{Q}\bar{\mathbf{X}})$$

↑  
Matrice de Poids

# Estimation des paramètres de forme

Solution robuste :

$$\sigma = \left( (\mathbf{QS})^T \mathbf{W} (\mathbf{QS}) \right)^{-1} (\mathbf{QS})^T \mathbf{W} (\mathbf{U}' - \mathbf{Q}\bar{\mathbf{X}})$$

↑  
Matrice de Poids

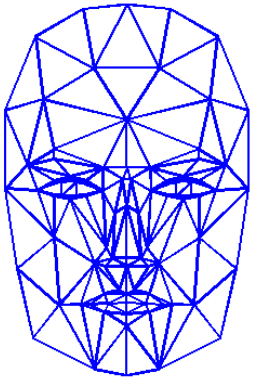
- ▶ En fonction de la confiance accordée à chaque point
- ▶ Estimation itérative en fonction de l'erreur résiduelle



# Plan

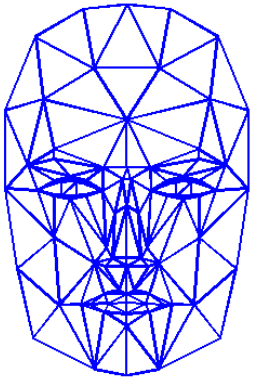
- Constitution de la base de données
  - Estimation du modèle
  - Résultats
- Comparaison image réelle / image de synthèse
  - Caractéristiques
  - Mesure de ressemblance
  - Premiers résultats

# Données de synthèse

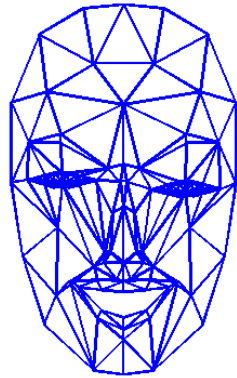
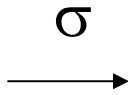


Modèle  
rigide

# Données de synthèse

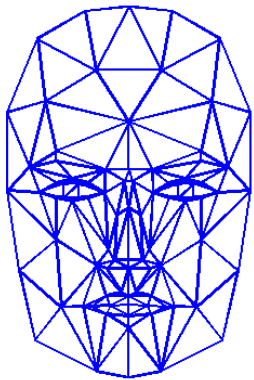


Modèle  
rigide



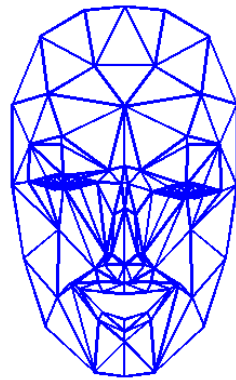
Modèle déformé avec  
des paramètres  $\sigma$   
aléatoires

# Données de synthèse



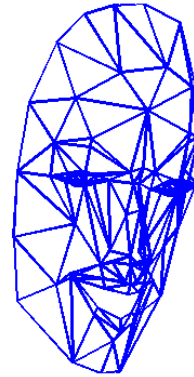
Modèle  
rigide

$\sigma$



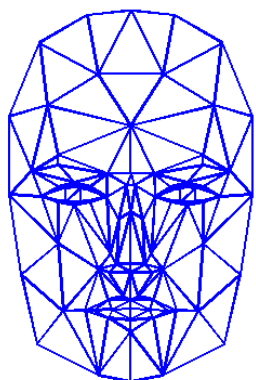
Modèle déformé avec  
des paramètres  $\sigma$   
aléatoires

$R, t$



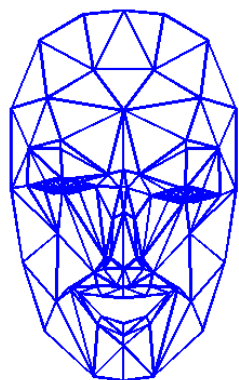
Modèle déplacé  
avec des  
paramètres  $R, t$   
aléatoires

# Données de synthèse



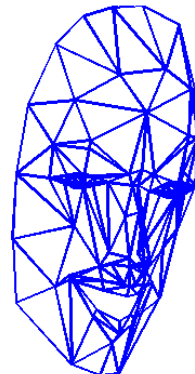
Modèle  
rigide

$\sigma$



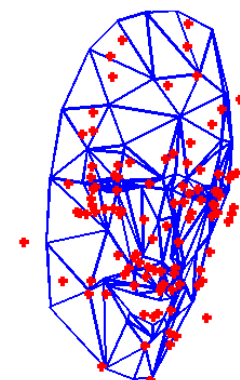
Modèle déformé avec  
des paramètres  $\sigma$   
aléatoires

$R, t$



Modèle déplacé  
avec des  
paramètres  $R, t$   
aléatoires

$k$



Données Bruitées

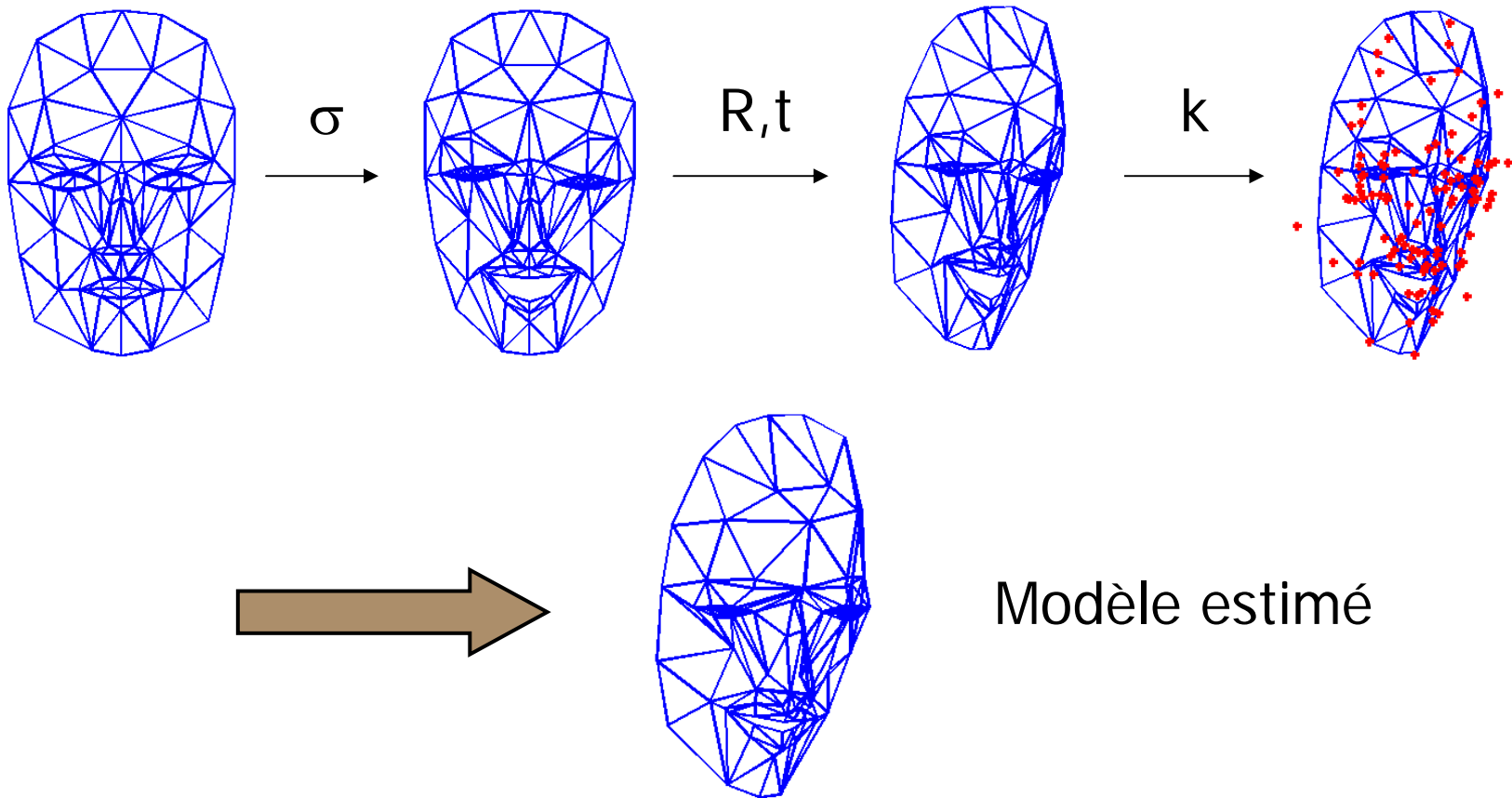
Distance interoculaire

$$\begin{pmatrix} \tilde{u}_i \\ \tilde{v}_i \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} u_i \\ v_i \end{pmatrix} \pm k * d_{io} \begin{pmatrix} b_{i1} \\ b_{i2} \end{pmatrix}$$

amplitude

Bruit uniforme

# Données de synthèse



# Evaluation

- Erreur de projection

$$E_{proj} = \frac{1}{Nd_{io}} \|\mathbf{U}' - \mathbf{U}\|$$

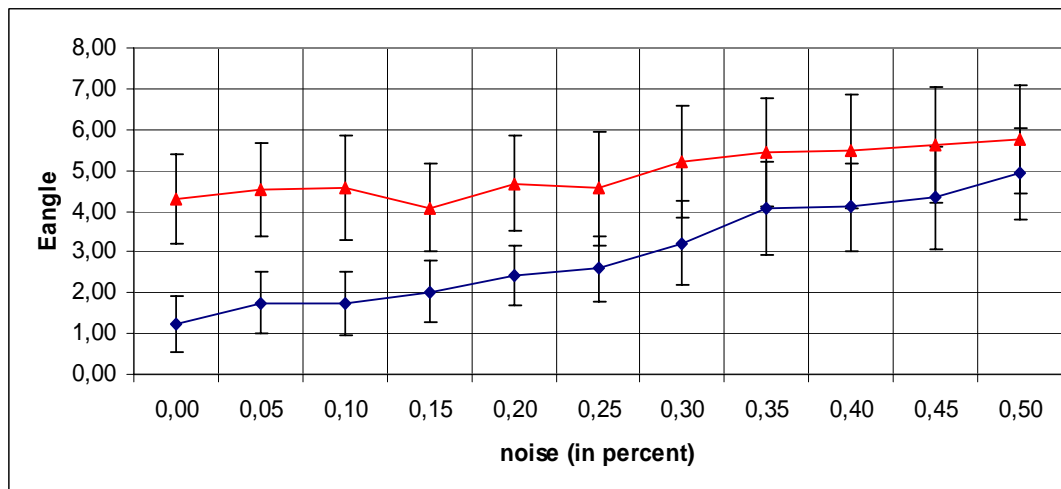
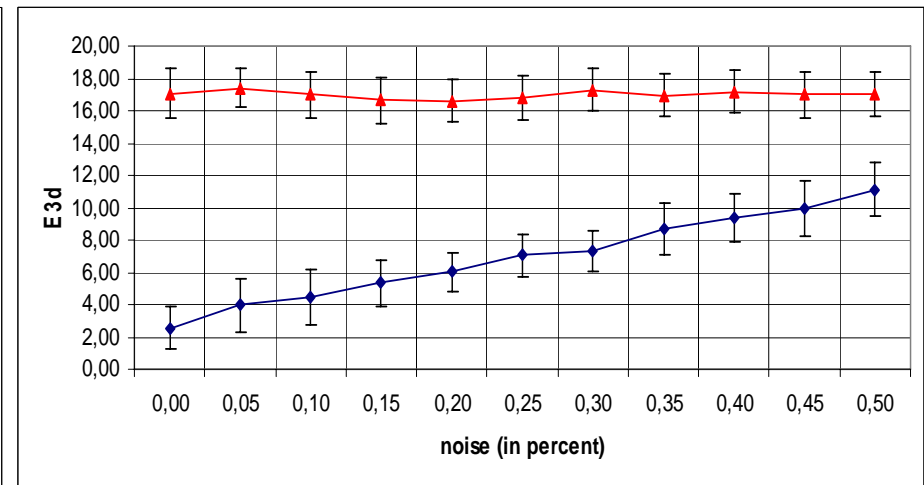
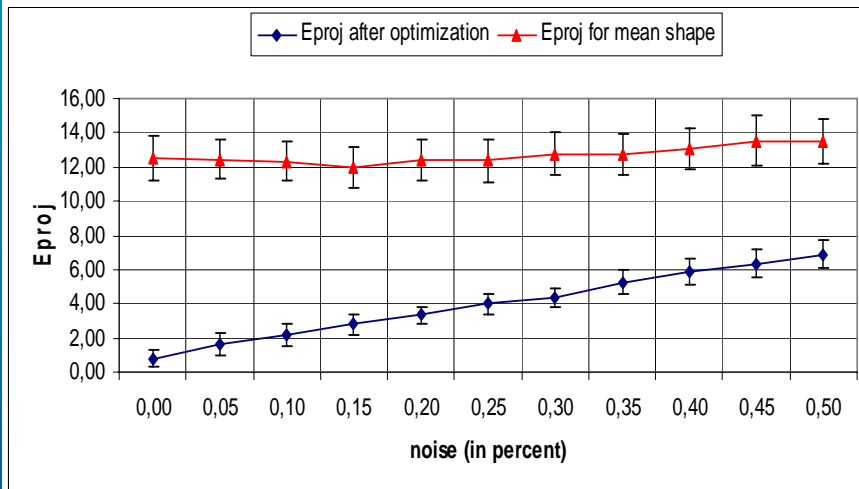
- Erreur de forme 3D

$$E_{3d} = \frac{1}{Nd_{io3d}} \|\mathbf{X}' - \mathbf{X}\|$$

- Erreur de pose

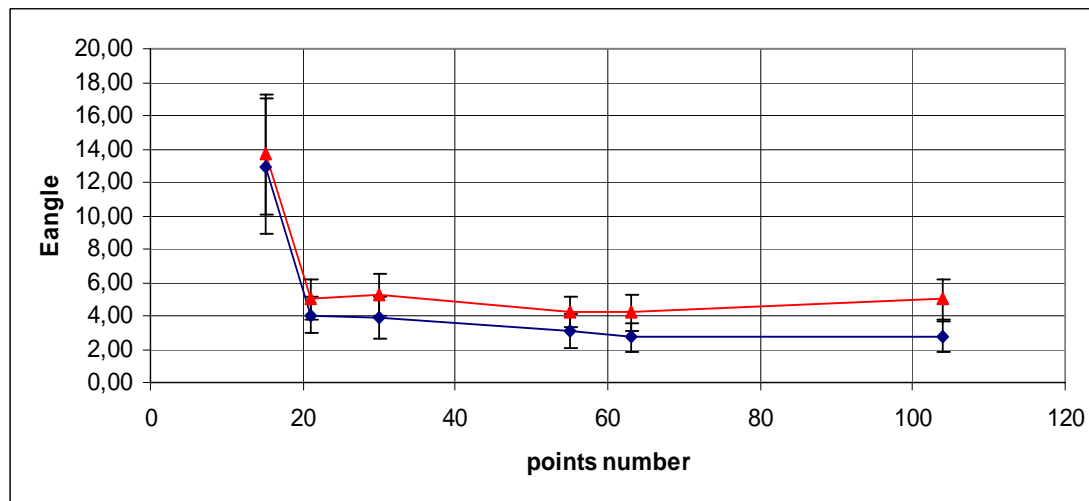
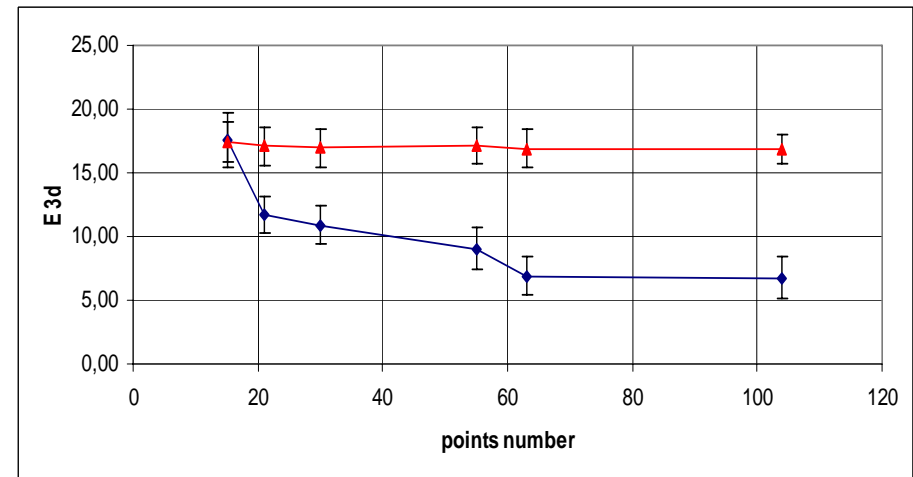
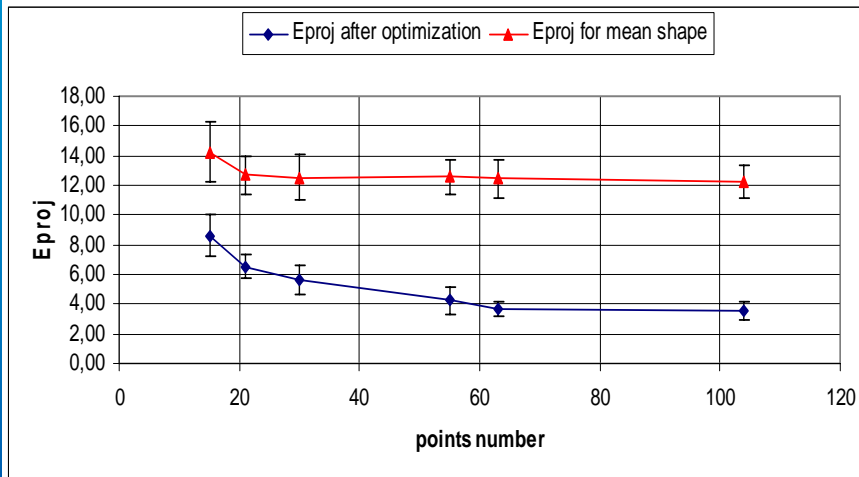
$$E_{angle} = \frac{1}{3} \left( (i_1, i_2) + (j_1, j_2) + (k_1, k_2) \right)$$

# Robustesse au bruit

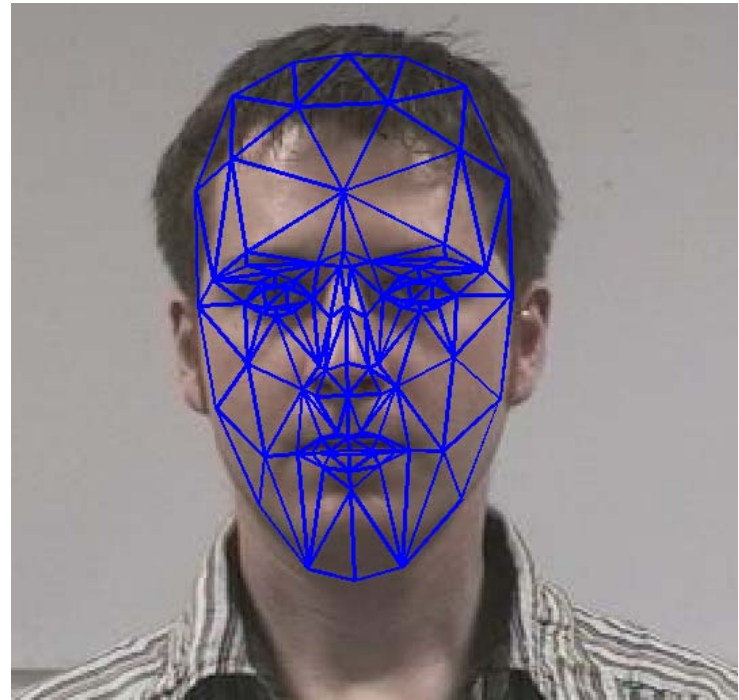




# Influence du nombre de points



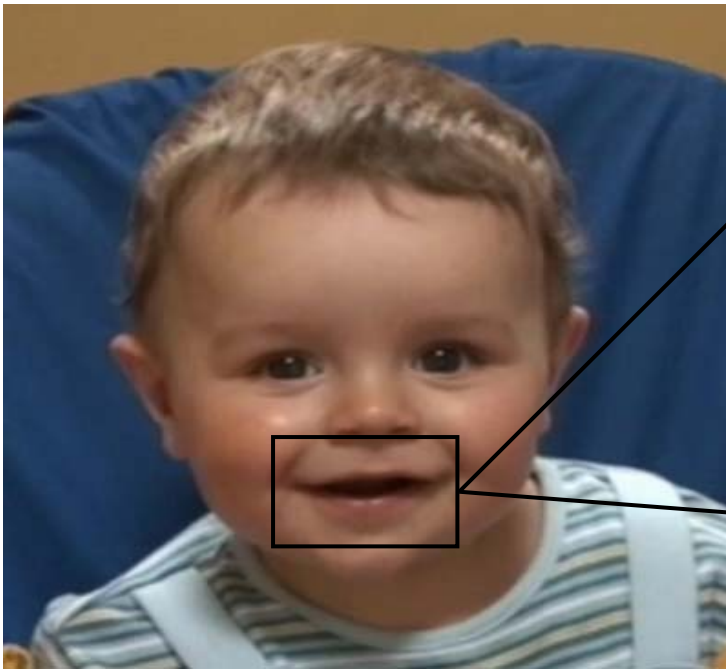
# Transfert de textures



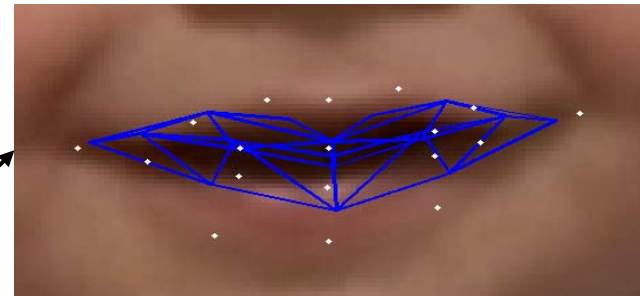
# Transfert de textures



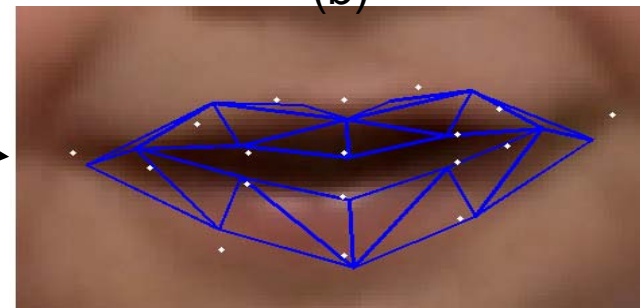
# Influence de la pondération



(a)



(b)



(c)



(v1)



(v2)



(v3)



(v4)



(v5)



(v6)

	V1	V2	V3	V4	V5	V6
V1	0	1.9	2.5	4.7	7.2	11.7
V2	1.9	0	3.4	3.9	5.3	12.0
V3	2.5	3.4	0	5.6	7.8	11.8
V4	4.7	3.9	5.6	0	5.3	9.9
V5	7.2	5.3	7.8	5.3	0	13.3
V6	11.7	12.0	11.8	9.9	13.3	0

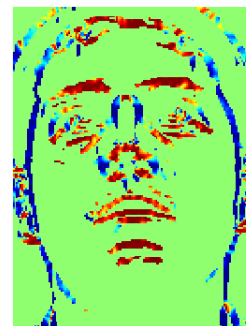
$$E_{3d}(V_i, V_j)$$

# Plan

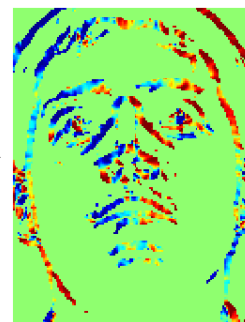
- Constitution de la base de données
  - Estimation du modèle
  - Résultats
- Comparaison image réelle / image de synthèse
  - Caractéristiques
  - Mesure de ressemblance
  - Premiers résultats

# Caractéristiques

Sobel + seuil



$\cos(\theta)$



$\sin(\theta)$

Orientation  
des contours

$$\theta = \tan^{-1} \left( \frac{g_y}{g_x} \right)$$

$$f^i = \begin{pmatrix} \cos(\theta_i) \\ \sin(\theta_i) \\ x_i \\ y_i \end{pmatrix}$$

# Plan

- Constitution de la base de données
  - Estimation du modèle
  - Résultats
- Comparaison image réelle / image de synthèse
  - Caractéristiques
  - Mesure de ressemblance
  - Premiers résultats



# Comparaison de 2 images

Image réelle

Nb caractéristiques de  $I_s$

$E(I_s, I_r)$

Image synthétisée

Nb caractéristiques de  $I_r$

$j^{\text{ème}}$  caractéristique de  $I_r$

$$E(I_s, I_r) = \frac{1}{M} \sum_{j=1}^M \min_{1 < i < N} (d(f_s^j, f_r^i))$$

# Comparaison de 2 images

$$d(f_1, f_2) = \sqrt{f_1^T W f_2}$$

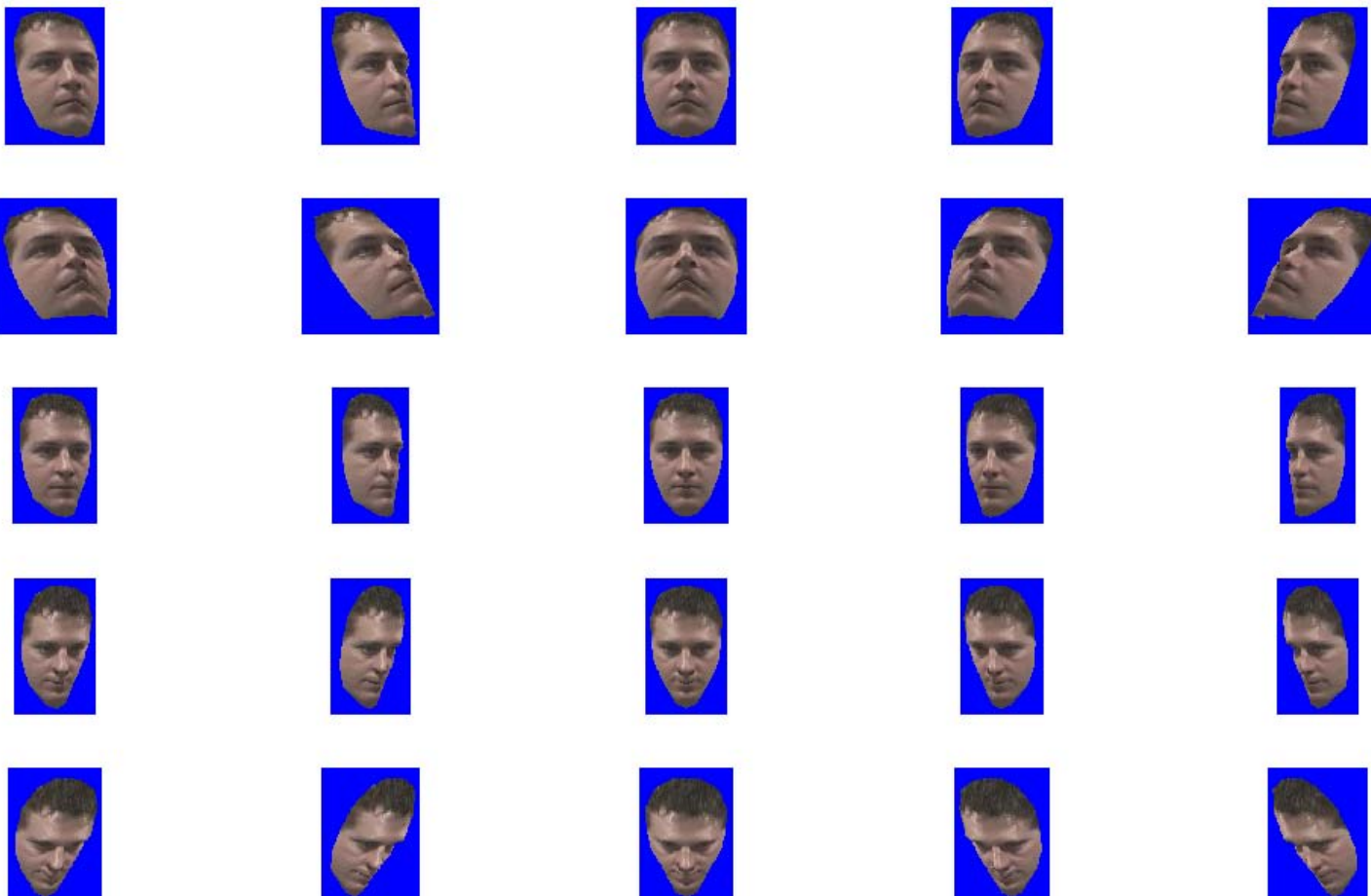
Pondération entre  
l'orientation et la  
position du pixel  
de contour

$$\rightarrow W = \begin{pmatrix} k & 0 & 0 & 0 \\ 0 & k & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 \end{pmatrix}$$

# Plan

- Constitution de la base de données
  - Estimation du modèle
  - Résultats
- Comparaison image réelle / image de synthèse
  - Caractéristiques
  - Mesure de ressemblance
  - Premiers résultats

# Résultats



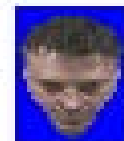
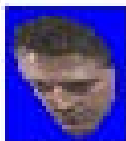
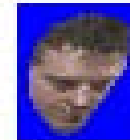
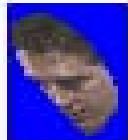
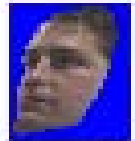
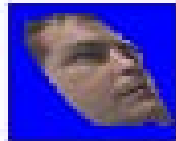


ISIR

INSTITUT  
DES SYSTÈMES  
INTELLIGENTS  
ET DE ROBOTIQUE

UPMC  
PARIS UNIVERSITÉS





ISIR

INSTITUT  
DES SYSTÈMES  
INTELLIGENTS  
ET DE ROBOTIQUE

UPMC  
PARIS UNIVERSITÉS







# Conclusion

- Méthode itérative d'estimation des paramètres de forme et de pose d'un modèle 3D
- Détermination de la pose du visage par comparaison à des images de synthèse
- Perspectives :
  - Tester sur un plus grand nombre de données
  - Accélérer les calculs