

Modélisation et suivi des déformations faciales

Applications à la description des expressions du visage
dans le contexte de la langue des signes

Hugo MERCIER

Directeur de thèse : Patrice DALLE

Équipe Traitement et Compréhension d'Images

Convention CIFRE UPS / WebSourd

Langue des signes

Langue :

- visuo-gestuelle
- grammaire spatiale
- multi-composantes



Langue des signes

Langue :

- visuo-gestuelle
- grammaire spatiale
- multi-composantes

Focalisation sur le visage



Visage et langue des signes

Rôles des expressions du visage :

- valeur aspectuelle



Visage et langue des signes

Rôles des expressions du visage :

- valeur aspectuelle
- valeur syntaxique



Visage et langue des signes

Rôles des expressions du visage :

- valeur aspectuelle
- valeur syntaxique
- valeur sémantique



Expressions faciales

Différents points de vue concernant l'expression :

- synthèse d'images
- classification d'émotions
- **interprétation d'images :**
 - mouvements faciaux
 - combinaison
 - langue

Expressions faciales

Différents points de vue concernant l'expression :

- synthèse d'images
- classification d'émotions
- **interprétation d'images** :
 - mouvements faciaux
 - combinaison
 - langue

Définitions :

- **Déformation faciale** : mouvement observable des muscles faciaux.
- **Expression unitaire** : mouvement élémentaire.
- **Expression** : combinaison d'expressions unitaires ayant du sens.

Problématique

Constat

- pas d'outil de description automatique

Besoins

- applications spécifiques à la LSF

Objectifs

- outil de description des expressions en LSF
- modélisation nécessaire

Contexte

- occultations fréquentes

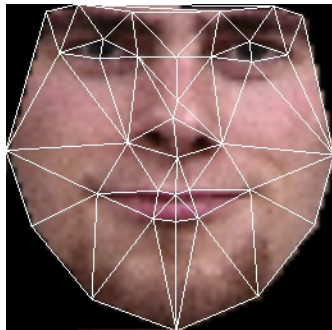
Plan

- 1 Modélisations du visage
- 2 AAM (Active Appearance Models)
- 3 Caractérisation et évaluation des AAMs
- 4 Contribution à la prise en compte des occultations
- 5 Applications
 - Description des expressions
 - Anonymisation
- 6 Conclusion et perspectives

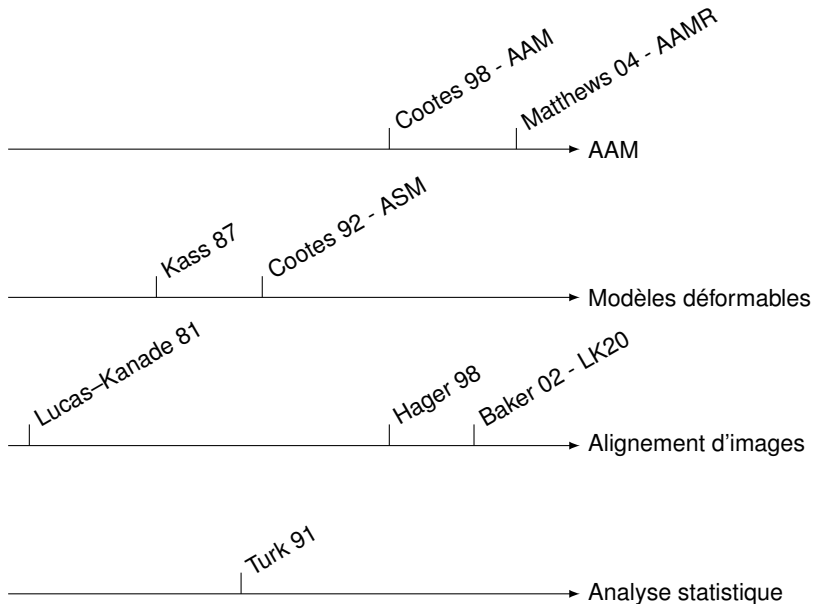
Modélisations du visage

Modélisations :

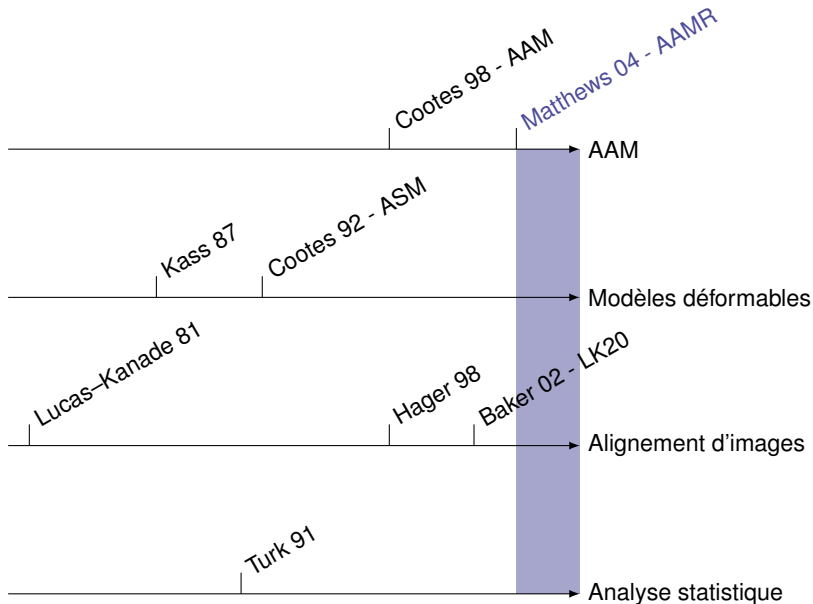
- par composantes (forme)
- globale (texture)
- hybride (forme + texture)
 - Active Appearance Models (AAM)



Modélisations du visage : bibliographie



Modélisations du visage : bibliographie



Plan

- 1 Modélisations du visage
- 2 AAM (Active Appearance Models)
- 3 Caractérisation et évaluation des AAMs
- 4 Contribution à la prise en compte des occultations
- 5 Applications
 - Description des expressions
 - Anonymisation
- 6 Conclusion et perspectives

AAM : construction



Base d'images annotée au préalable

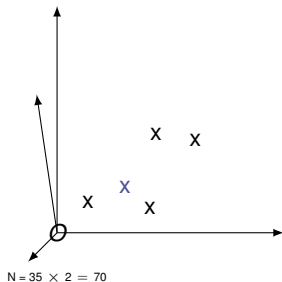
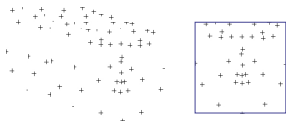
AAM : construction



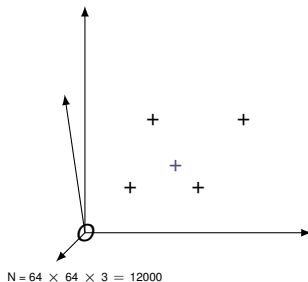
Espace des formes

Espace des textures

AAM : construction

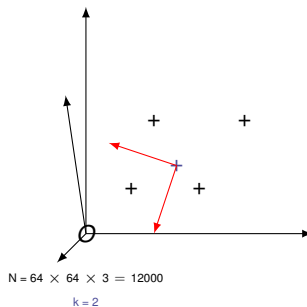
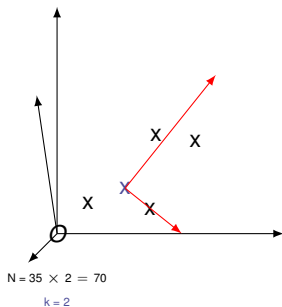


Espace des formes



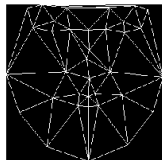
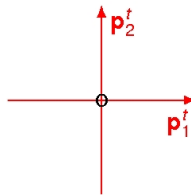
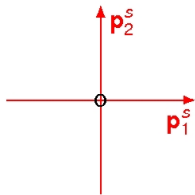
Espace des textures

AAM : construction



Réduction de dimensions (ACP)

AAM : construction

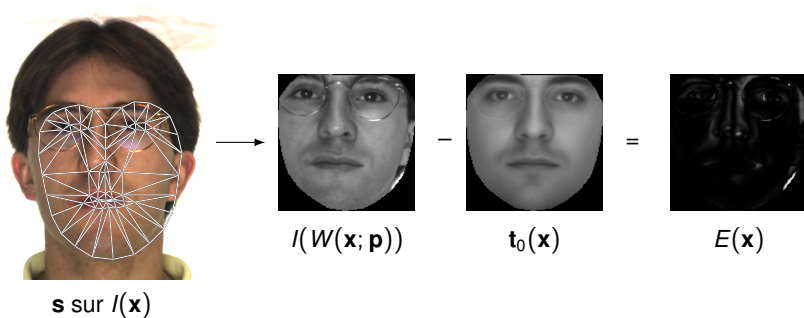


Modèle génératif

AAM : exploitation

Objectif : trouver les coordonnées de forme et de texture qui permettent de modéliser au mieux le visage observé.

AAM : erreur à minimiser

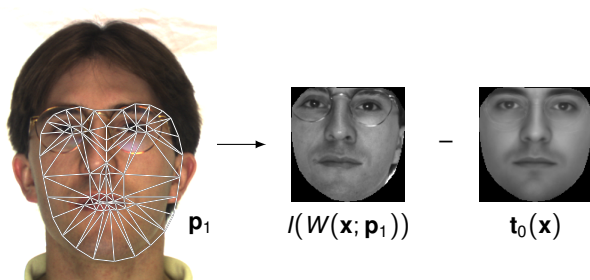


- *Comment placer les points de telle sorte que la texture extraite soit un visage ?*
- Définition d'un visage : texture moyenne de la base
- Distance L_2

$$\arg \min_{\mathbf{p}} \sum_{\mathbf{x}} [I(W(\mathbf{x}; \mathbf{p})) - \mathbf{t}_0(\mathbf{x})]^2$$

AAM : optimisation

- Formulation itérative
- On calcule un $\Delta \mathbf{p}$ à chaque itération

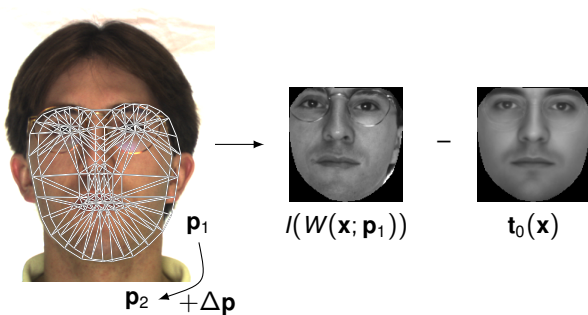


Formulation originale (Cootes 98) :

$$\mathbf{p}_2 \leftarrow \mathbf{p}_1 + \Delta \mathbf{p}$$

AAM : optimisation

- Formulation itérative
- On calcule un $\Delta \mathbf{p}$ à chaque itération

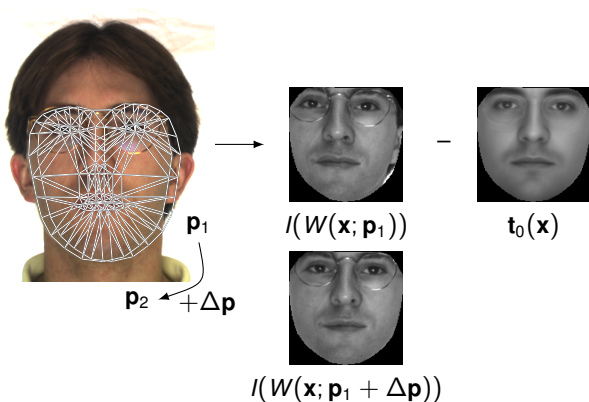


Formulation originale (Cootes 98) :

$$\mathbf{p}_2 \leftarrow \mathbf{p}_1 + \Delta \mathbf{p}$$

AAM : optimisation

- Formulation itérative
- On calcule un $\Delta \mathbf{p}$ à chaque itération

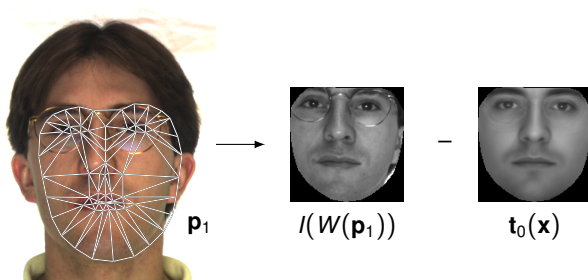


Formulation originale (Cootes 98) :

$$\mathbf{p}_2 \leftarrow \mathbf{p}_1 + \Delta \mathbf{p}$$

AAM : optimisation

- Formulation itérative
- On calcule un $\Delta \mathbf{p}$ à chaque itération

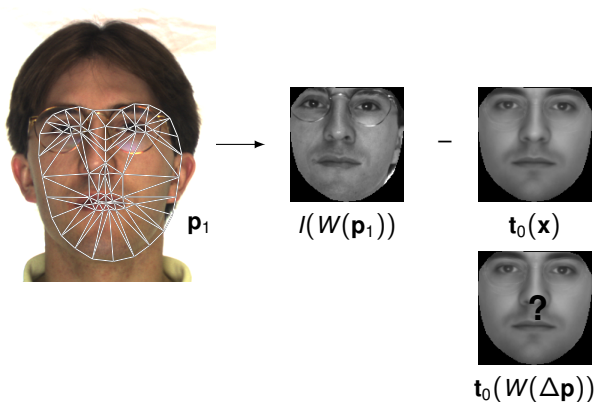


Formulation par **composition inverse** (Baker & Matthews) :

$$W(\mathbf{p}_2) \leftarrow W(\mathbf{p}_1) \circ W(\Delta \mathbf{p})^{-1}$$

AAM : optimisation

- Formulation itérative
- On calcule un $\Delta \mathbf{p}$ à chaque itération

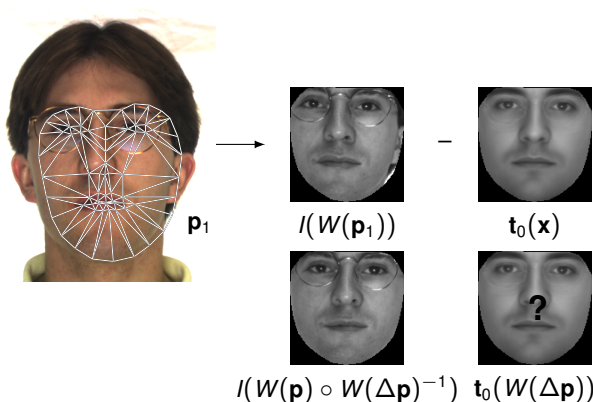


Formulation par **composition inverse** (Baker & Matthews) :

$$W(\mathbf{p}_2) \leftarrow W(\mathbf{p}_1) \circ W(\Delta \mathbf{p})^{-1}$$

AAM : optimisation

- Formulation itérative
- On calcule un $\Delta \mathbf{p}$ à chaque itération

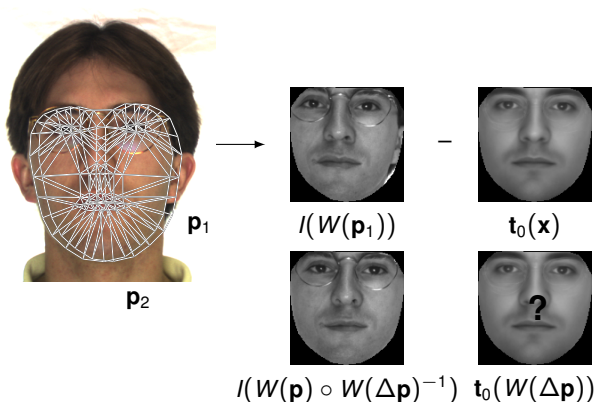


Formulation par **composition inverse** (Baker & Matthews) :

$$W(\mathbf{p}_2) \leftarrow W(\mathbf{p}_1) \circ W(\Delta \mathbf{p})^{-1}$$

AAM : optimisation

- Formulation itérative
- On calcule un $\Delta \mathbf{p}$ à chaque itération



Formulation par **composition inverse** (Baker & Matthews) :

$$W(\mathbf{p}_2) \leftarrow W(\mathbf{p}_1) \circ W(\Delta \mathbf{p})^{-1}$$

AAM : composition inverse

Composition inverse :

$$E(\mathbf{p}; \mathbf{x}) = [I(W(\mathbf{p}; \mathbf{x})) - \mathbf{t}_0(\mathbf{x})]$$

$$\Delta \mathbf{p} = -H^{-1} \sum_{\mathbf{x}} G(\mathbf{x}) E(\mathbf{p}; \mathbf{x})$$

Le calcul de $G(\mathbf{x})$ et de H ne dépend pas de $\mathbf{p}$

AAM : composition inverse

Composition inverse :

$$E(\mathbf{p}; \mathbf{x}) = [I(W(\mathbf{p}; \mathbf{x})) - \mathbf{t}_0(\mathbf{x})]$$

$$\Delta \mathbf{p} = -H^{-1} \sum_{\mathbf{x}} G(\mathbf{x}) E(\mathbf{p}; \mathbf{x})$$

Le calcul de $G(\mathbf{x})$ et de H ne dépend pas de $\mathbf{p}$

Méthode Cootes :

- $G(\mathbf{p}; \mathbf{x})$ calculé par apprentissage
- besoin d'ajustement pour la convergence
- précision optimale difficile à évaluer

Méthode Baker & Matthews :

- $G(\mathbf{x})$ dérivé analytiquement

Plan

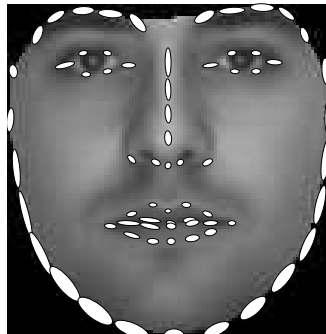
- 1 Modélisations du visage
- 2 AAM (Active Appearance Models)
- 3 Caractérisation et évaluation des AAMs
- 4 Contribution à la prise en compte des occultations
- 5 Applications
 - Description des expressions
 - Anonymisation
- 6 Conclusion et perspectives

Mesure de précision :

- prendre en compte le bruit d'annotation
- 10 annotations manuelles par image
- vérité terrain : moyenne
- distance à la vérité terrain : Mahalanobis

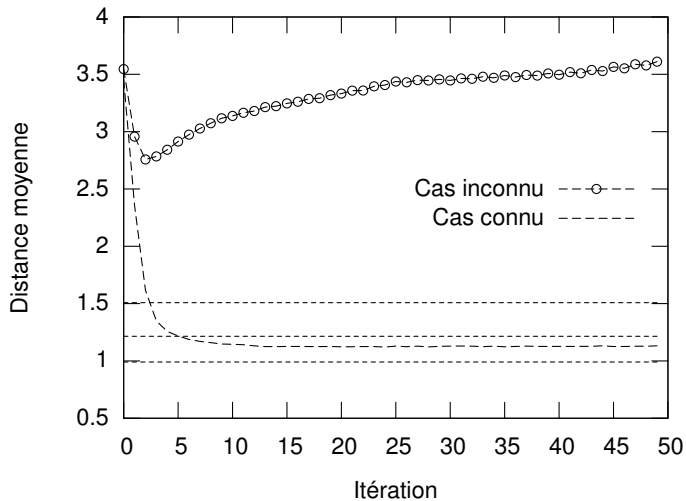
Évaluation :

- sous-ensemble de AR : 40 images
- comparaison « connu / inconnu »

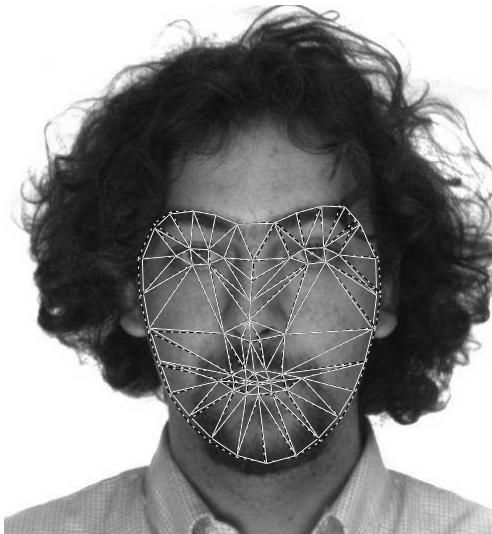


Ellipses de covariance sur
AR40

Précision

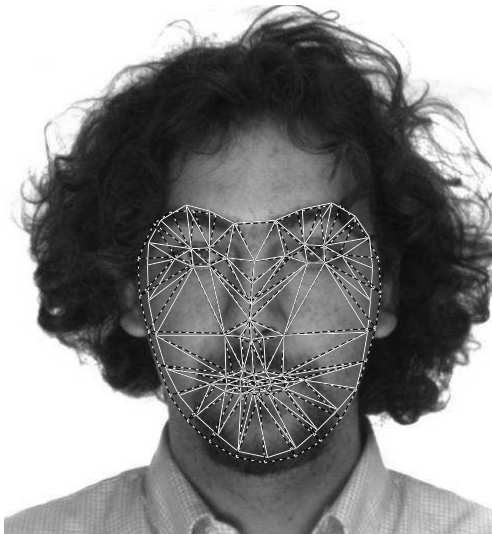


Précision



Visage **présent** dans la base

Précision



Visage **absent** de la base

Généralisation

Adaptation sur visage inconnu ?

Ajout de nouveaux visages à la base :

- amélioration des capacités de représentation
- augmentation des probabilités de mauvaises convergences
 - nouvelles dimensions ajoutées
 - espace des visages épars

Généralisation

Adaptation sur visage inconnu ?

Ajout de nouveaux visages à la base :

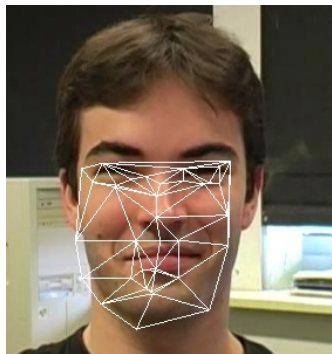
- amélioration des capacités de représentation
- augmentation des probabilités de mauvaises convergences
 - nouvelles dimensions ajoutées
 - espace des visages épars

Dans la pratique :

- identité du visage connue
- conditions d'éclairage connues
- base d'apprentissage extraite de la vidéo d'étude

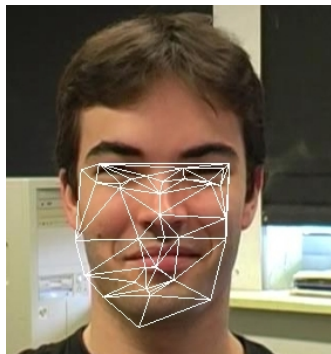
Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq$ 20D)
- Manque de robustesse



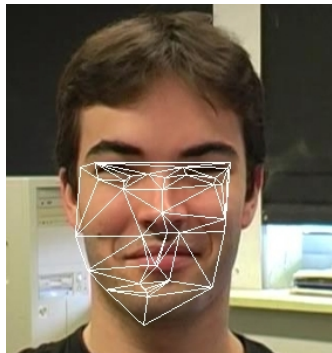
Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse



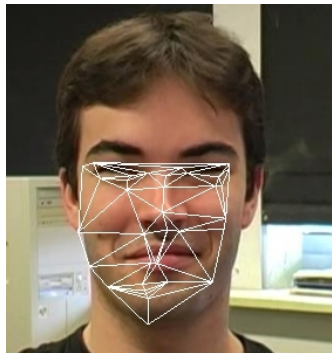
Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse



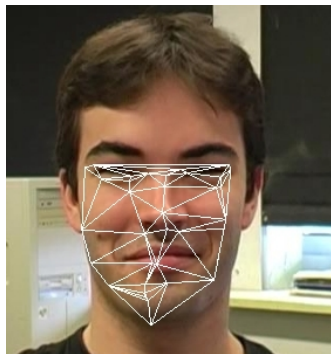
Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse



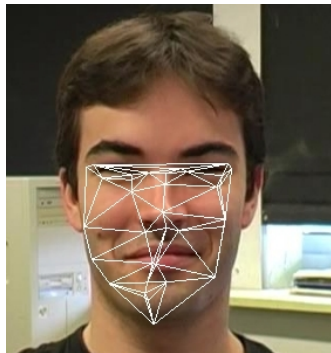
Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse



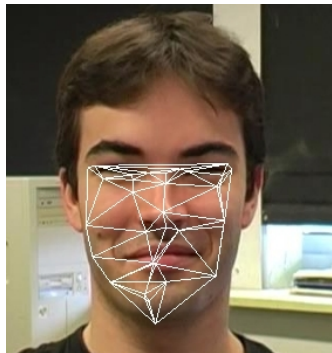
Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse



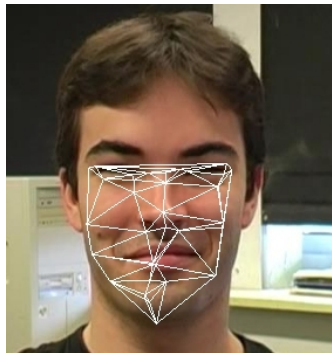
Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse



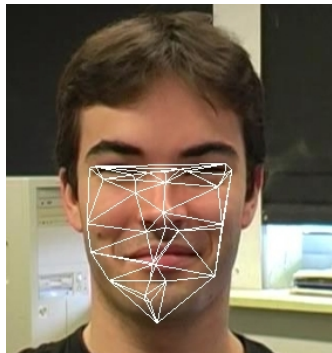
Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse



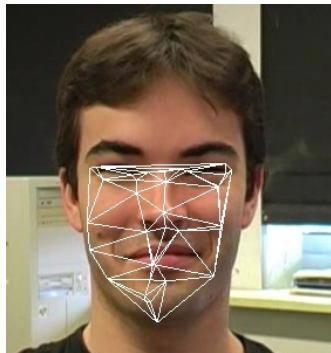
Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse



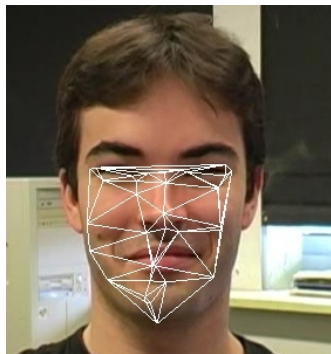
Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq$ 20D)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris



Suivi robuste

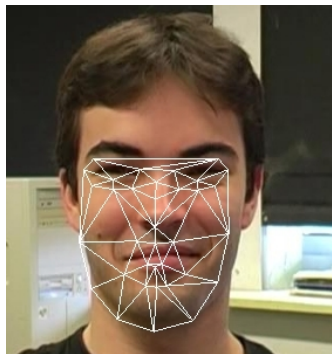
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq$ 20D)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)



Divergence détectée

Suivi robuste

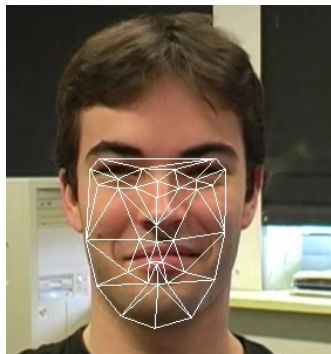
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)



Modèle rigide

Suivi robuste

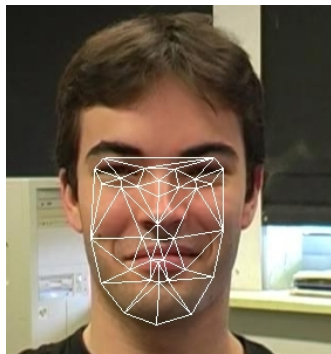
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)



Modèle rigide

Suivi robuste

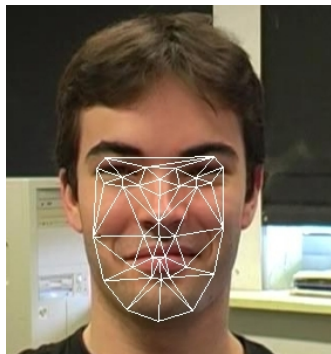
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)



Modèle rigide

Suivi robuste

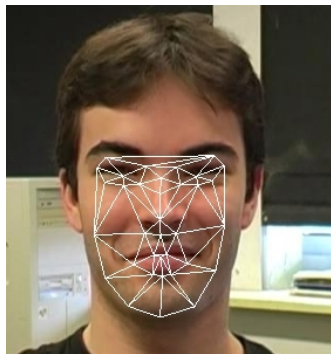
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)



Modèle rigide

Suivi robuste

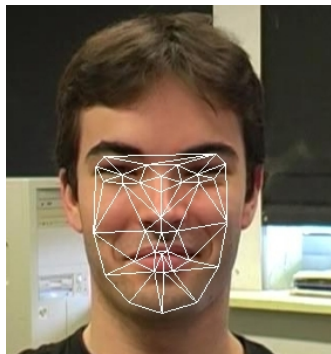
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)



Modèle rigide

Suivi robuste

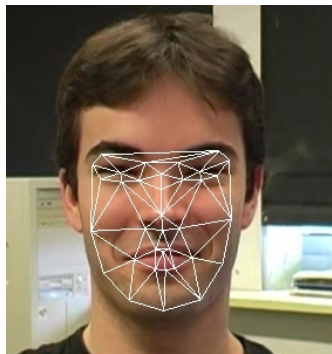
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)



Modèle rigide

Suivi robuste

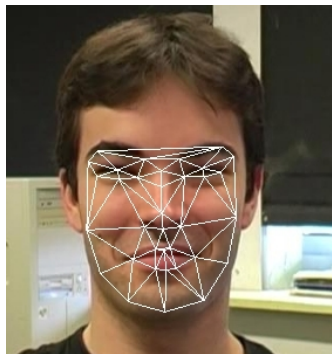
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)



Modèle rigide

Suivi robuste

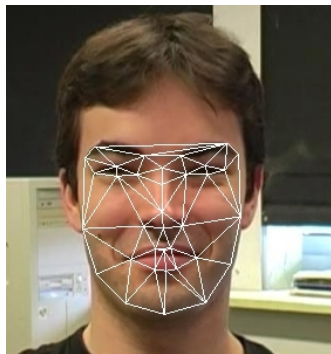
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)



Modèle rigide

Suivi robuste

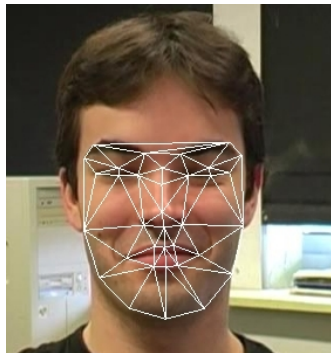
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)



Modèle rigide

Suivi robuste

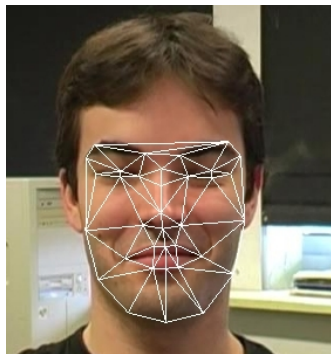
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)
 - puis du modèle souple



Modèle souple

Suivi robuste

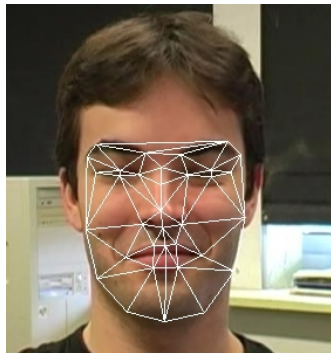
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)
 - puis du modèle souple



Modèle souple

Suivi robuste

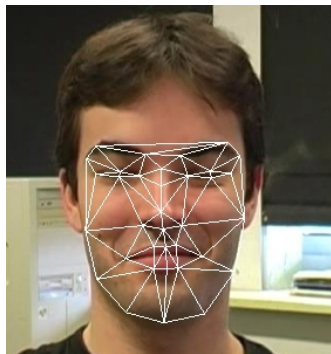
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)
 - puis du modèle souple



Modèle souple

Suivi robuste

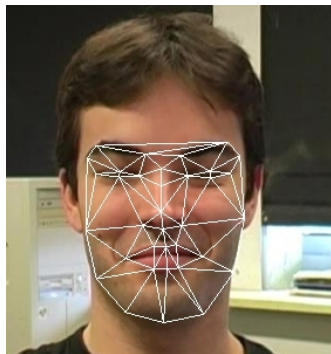
- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)
 - puis du modèle souple



Modèle souple

Suivi robuste

- Modèle de forme représentatif : ($\simeq 20D$)
- Manque de robustesse
- Détection des divergences :
 - modèle de forme trop différent de ceux appris
- Solution :
 - utilisation d'un modèle rigide (4D)
 - puis du modèle souple



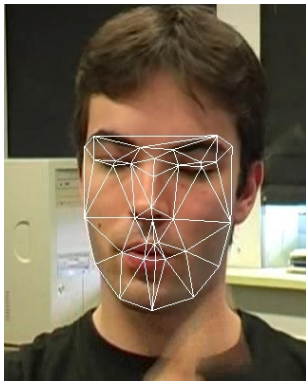
Modèle souple

Plan

- 1 Modélisations du visage
- 2 AAM (Active Appearance Models)
- 3 Caractérisation et évaluation des AAMs
- 4 Contribution à la prise en compte des occultations
- 5 Applications
 - Description des expressions
 - Anonymisation
- 6 Conclusion et perspectives

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas non-occulté



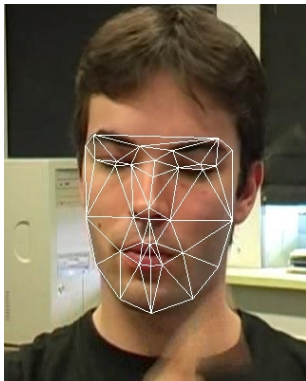
Modèle



$$E(\mathbf{x})^2$$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas non-occulté



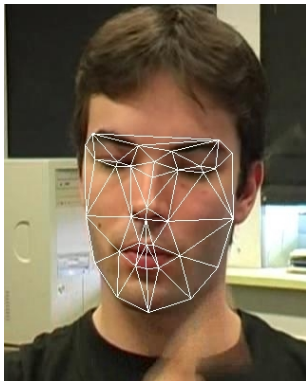
Modèle



$$E(\mathbf{x})^2$$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas non-occulté



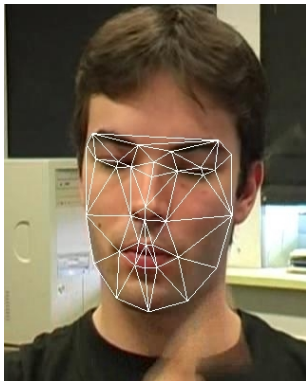
Modèle



$$E(\mathbf{x})^2$$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas non-occulté



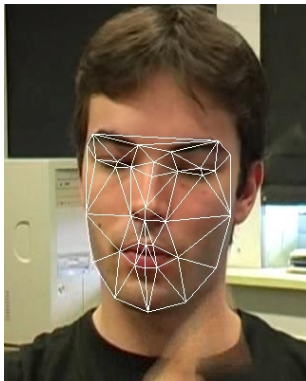
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas non-occulté



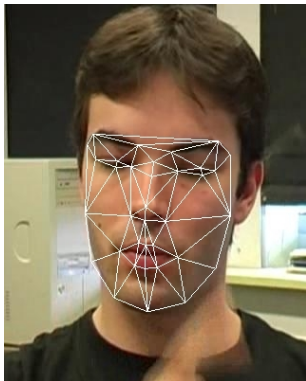
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas non-occulté



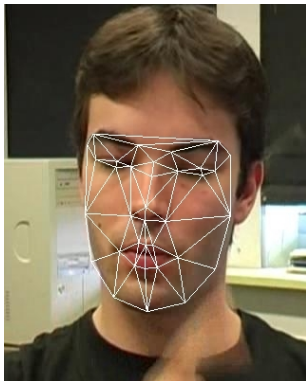
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas non-occulté



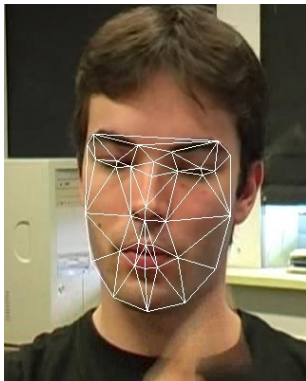
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas non-occulté



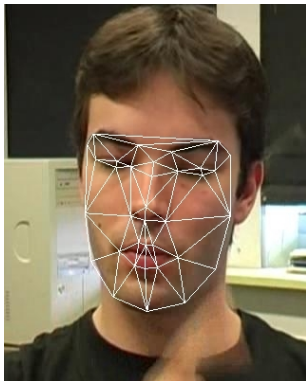
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas non-occulté



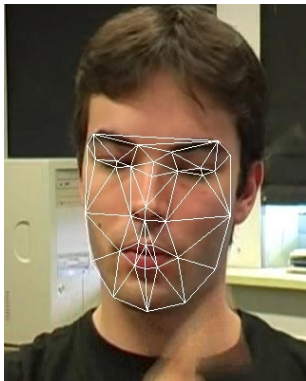
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas non-occulté



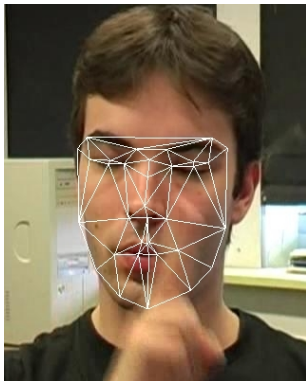
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas **occulté**



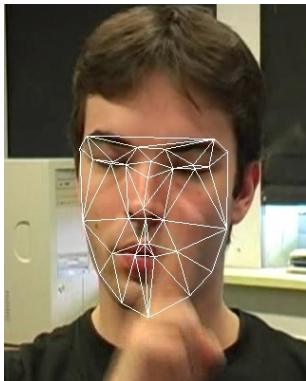
Modèle



$$E(\mathbf{x})^2$$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas **occulté**



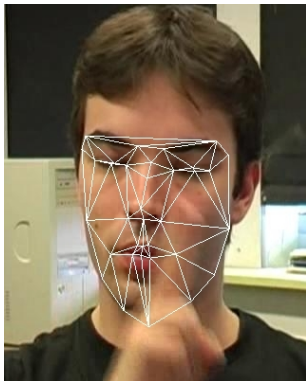
Modèle



$$E(\mathbf{x})^2$$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas **occulté**



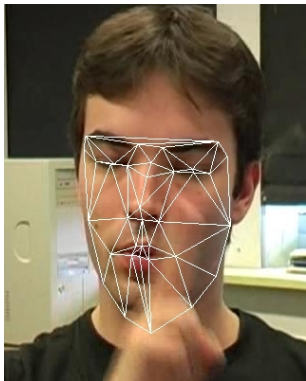
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas **occulté**



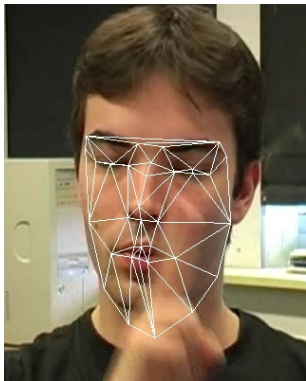
Modèle



$$E(\mathbf{x})^2$$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas **occulté**



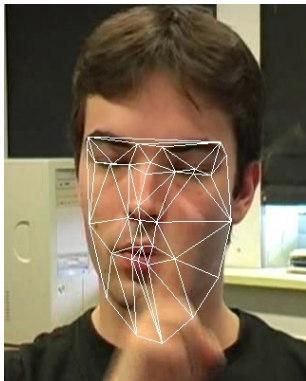
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas **occulté**



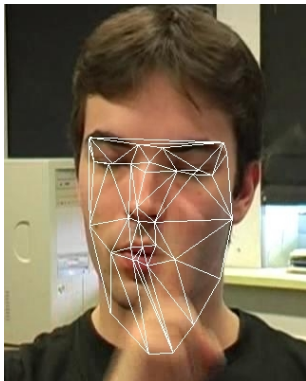
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas **occulté**



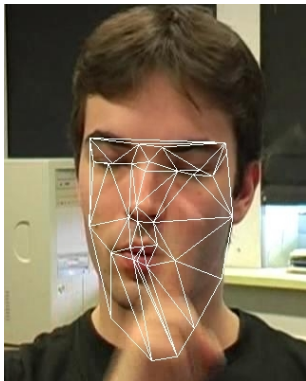
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas **occulté**



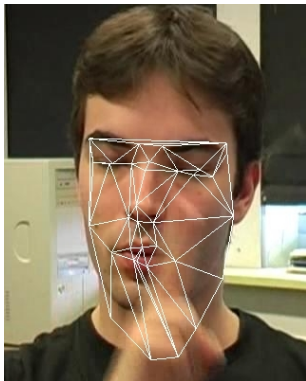
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas **occulté**



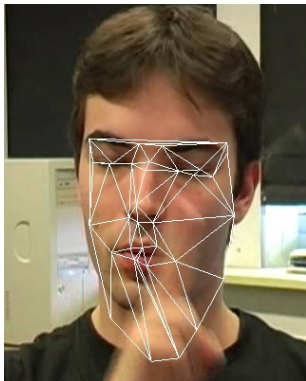
Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Nécessité de la modélisation des occultations

Cas **occulté**

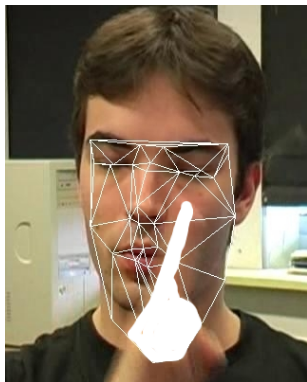


Modèle



$E(\mathbf{x})^2$

Carte des occultations



Carte des occultations



$$E(\mathbf{x})^2$$



Carte de pondération

Variante robuste

Algorithme classique

- $E(x) = \mathbf{t}(\mathbf{x}) + \sum_{i=1}^m \mathbf{p}_i^t \mathbf{t}_i(\mathbf{x}) - l(W(\mathbf{x}; \mathbf{p}^s))$
- Minimiser $\sum_{\mathbf{x}} E(\mathbf{x})^2$
- Solution : $[\Delta \mathbf{p}^s, \Delta \mathbf{p}^t] = -H^{-1} \sum_{\mathbf{x}} G^T(\mathbf{x}) E(\mathbf{x})$
- où $H = \sum_{\mathbf{x}} G^T(\mathbf{x}) G(\mathbf{x})$

Variante robuste

Algorithme robuste

- $E(\mathbf{x}) = \mathbf{t}(\mathbf{x}) + \sum_{i=1}^m \mathbf{p}_i^t \mathbf{t}_i(\mathbf{x}) - l(W(\mathbf{x}; \mathbf{p}^s))$
- Minimiser $\sum_{\mathbf{x}} \mathbf{Q}(\mathbf{x}) E(\mathbf{x})^2$
- Solution : $[\Delta \mathbf{p}^s, \Delta \mathbf{p}^t] = -H^{-1} \sum_{\mathbf{x}} \mathbf{Q}(\mathbf{x}) G^T(\mathbf{x}) E(\mathbf{x})$
- où $H = \sum_{\mathbf{x}} \mathbf{Q}(\mathbf{x}) G^T(\mathbf{x}) G(\mathbf{x})$

Variante robuste

Algorithme robuste

- $E(x) = \mathbf{t}(\mathbf{x}) + \sum_{i=1}^m \mathbf{p}_i^t \mathbf{t}_i(\mathbf{x}) - l(W(\mathbf{x}; \mathbf{p}^s))$

- Minimiser $\sum_{\mathbf{x}} \mathbf{Q}(\mathbf{x}) E(\mathbf{x})^2$

- Solution : $[\Delta \mathbf{p}^s, \Delta \mathbf{p}^t] = -H^{-1} \sum_{\mathbf{x}} \mathbf{Q}(\mathbf{x}) G^T(\mathbf{x}) E(\mathbf{x})$

- où $H = \sum_{\mathbf{x}} \mathbf{Q}(\mathbf{x}) G^T(\mathbf{x}) G(\mathbf{x})$

$\mathbf{Q}(\mathbf{x})$: carte de confiance

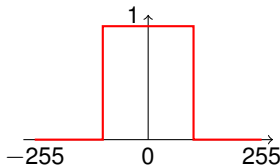
Automatisation

Comment se rapprocher de la carte théorique des occultations ?

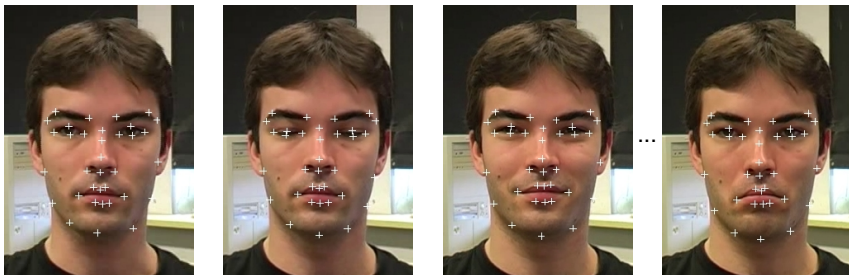
Idée :

- modéliser le comportement des résidus dans le cas non-occulté

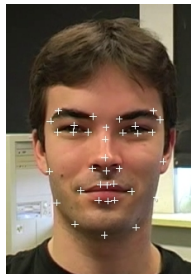
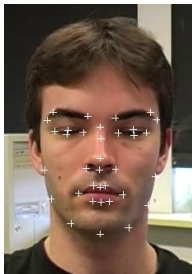
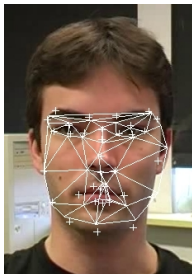
$$Q(\mathbf{x}) = \begin{cases} 1 & \text{si } |E(\mathbf{x})| \leq 4\sigma(\mathbf{x}) \\ 0 & \text{sinon} \end{cases}$$



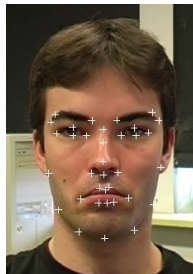
Ensembles d'apprentissage partitionnés



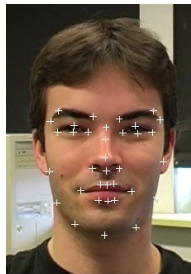
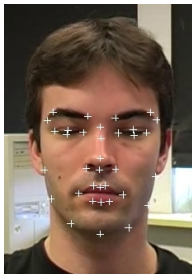
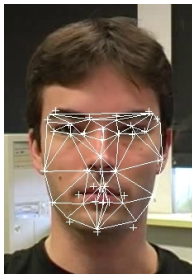
Ensembles d'apprentissage partitionnés



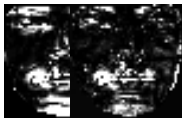
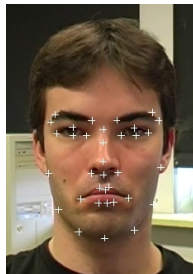
...



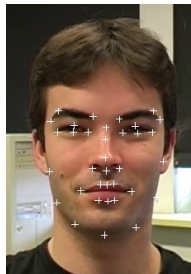
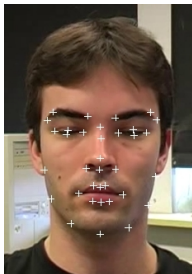
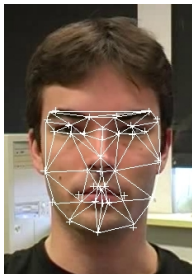
Ensembles d'apprentissage partitionnés



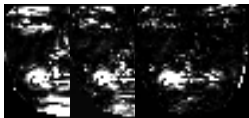
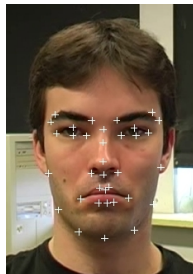
...



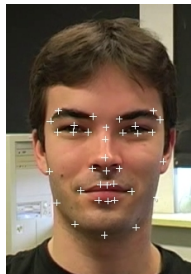
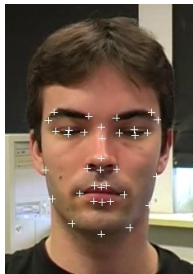
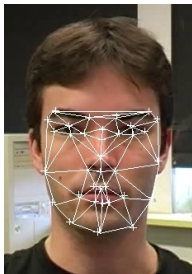
Ensembles d'apprentissage partitionnés



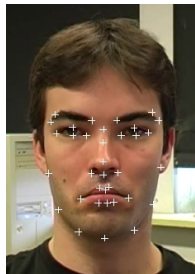
...



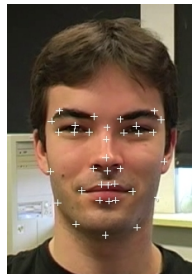
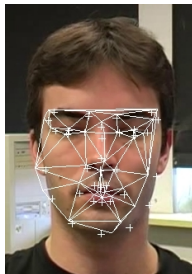
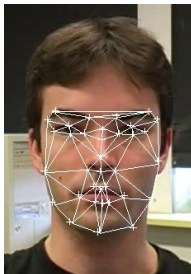
Ensembles d'apprentissage partitionnés



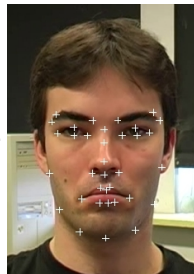
...



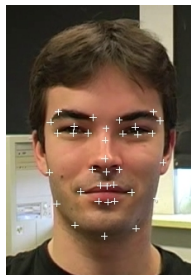
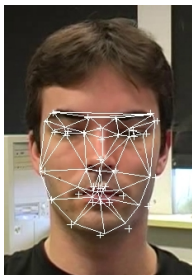
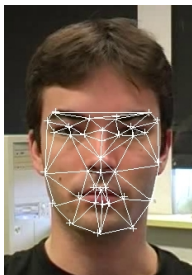
Ensembles d'apprentissage partitionnés



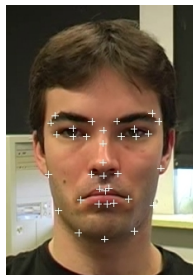
...



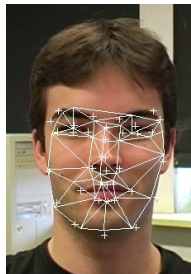
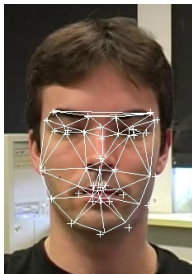
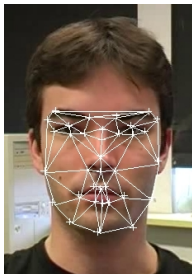
Ensembles d'apprentissage partitionnés



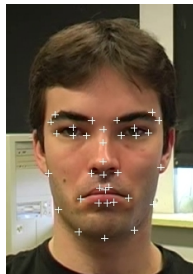
...



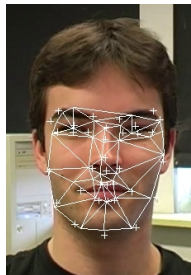
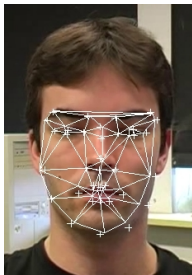
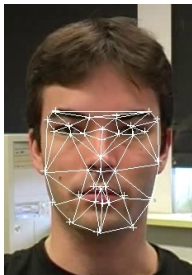
Ensembles d'apprentissage partitionnés



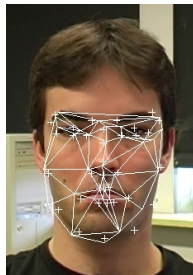
...



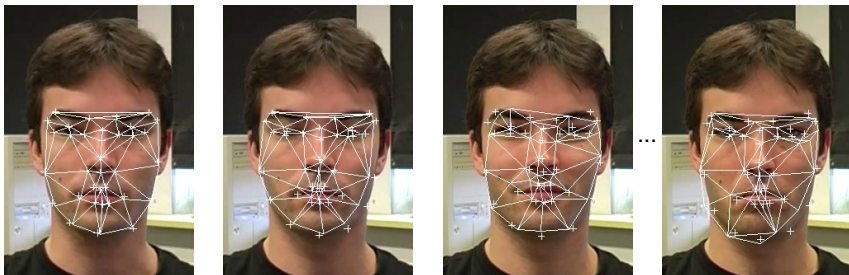
Ensembles d'apprentissage partitionnés



...



Ensembles d'apprentissage partitionnés



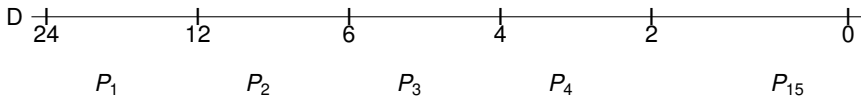
$\sigma(\mathbf{x})$



Ensembles d'apprentissage partitionnés



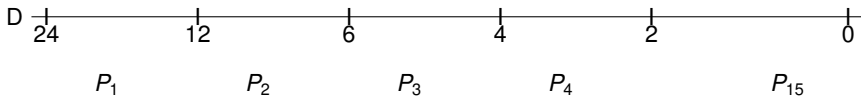
...



Ensembles d'apprentissage partitionnés



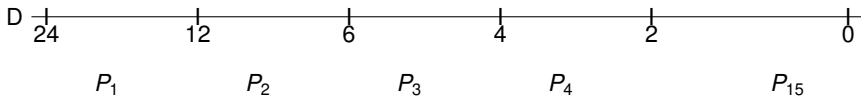
...



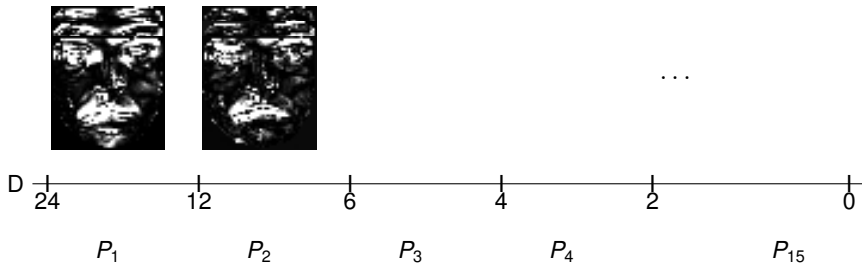
Ensembles d'apprentissage partitionnés



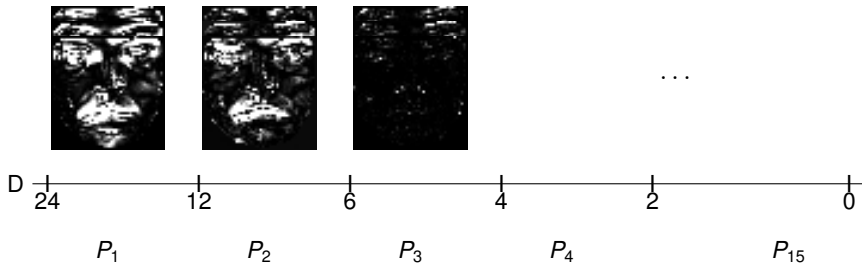
...



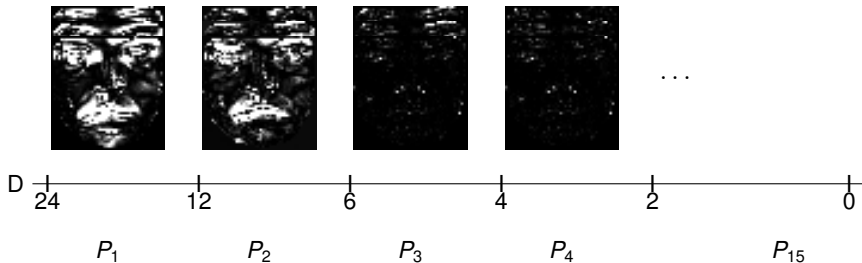
Ensembles d'apprentissage partitionnés



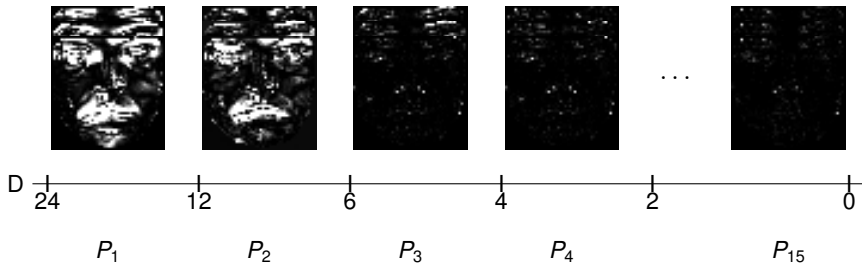
Ensembles d'apprentissage partitionnés



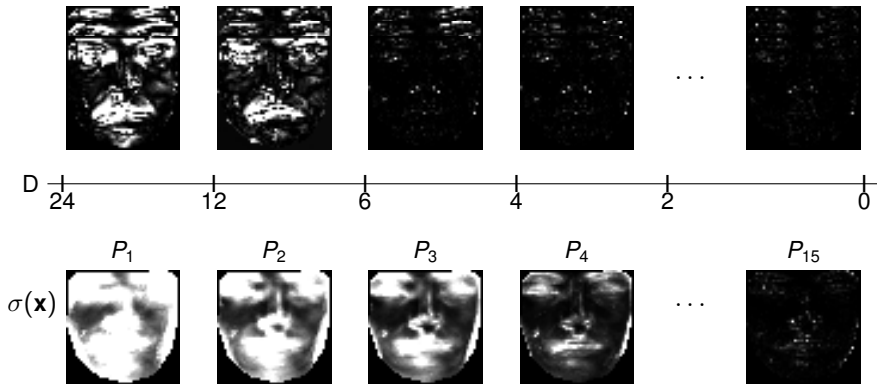
Ensembles d'apprentissage partitionnés



Ensembles d'apprentissage partitionnés



Ensembles d'apprentissage partitionnés



Ensembles d'apprentissage partitionnés

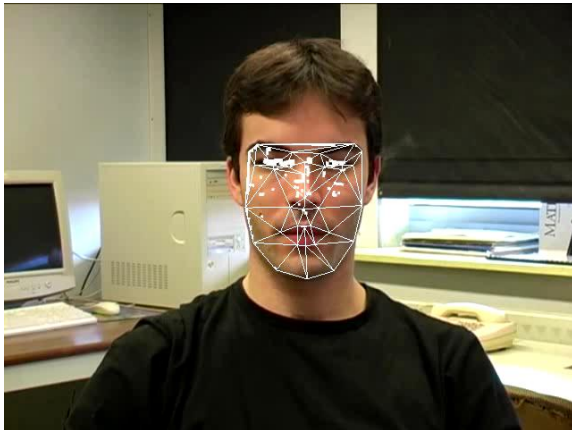
Utilisation d'un $\sigma(\mathbf{x})$ adaptatif :

- à l'itération i , $\sigma(\mathbf{x})$ calculé sur P_i

Comparaison :

- amélioration de 30% par rapport à un $\sigma(\mathbf{x})$ fixé

Résultats



Bilan

Algorithme de suivi de déformations faciales :

- précis si :
 - le visage est connu
 - la base couvre régulièrement l'espace de recherche
- **détecte automatiquement les occultations**

Plan

- 1 Modélisations du visage
- 2 AAM (Active Appearance Models)
- 3 Caractérisation et évaluation des AAMs
- 4 Contribution à la prise en compte des occultations
- 5 Applications
 - Description des expressions
 - Anonymisation
- 6 Conclusion et perspectives

FACS

Expression faciale : combinaisons d'actions unitaires.

- 46 *Action Units*
 - mouvements musculaires élémentaires observables
- 5 degrés d'activation



AU 6



AU 4



AU 2



AU 7



AU 12



AU 17



AU 18



AU 28

Expression faciale : combinaisons d'actions unitaires.

- 46 *Action Units*

- mouvements musculaires élémentaires observables

- 5 degrés d'activation

Deux types de combinaisons :

- cooccurrence : plusieurs AU sur plusieurs composantes faciales
- coarticulation : plusieurs AU sur une même composante



AU 2



AU 4



2 + 4

Modèle linéaire

Expression unitaire décrite par son maximum d'intensité.



e_1

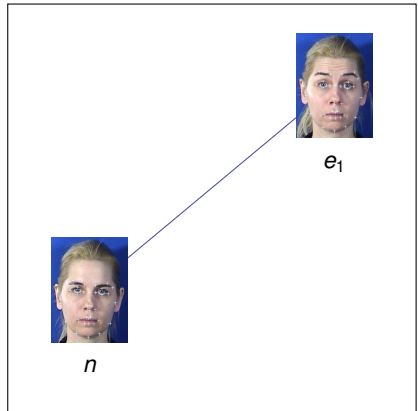


n

Modèle linéaire

Expression unitaire décrite par son maximum d'intensité.

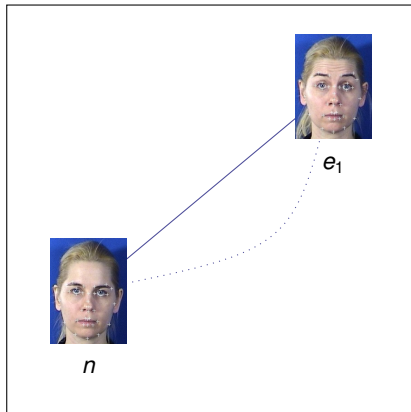
- modèle linéaire



Modèle linéaire

Expression unitaire décrite par son maximum d'intensité.

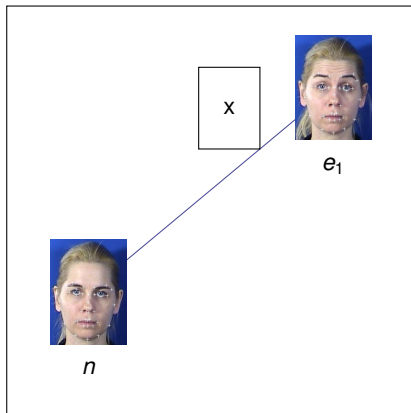
- modèle linéaire
- hypothèse simplificatrice



Modèle linéaire

Expression unitaire décrite par son maximum d'intensité.

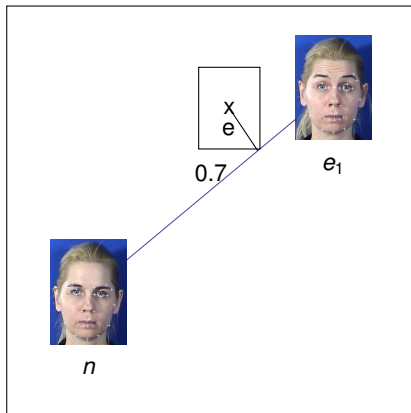
- modèle linéaire
- hypothèse simplificatrice
- description par projection



Modèle linéaire

Expression unitaire décrite par son maximum d'intensité.

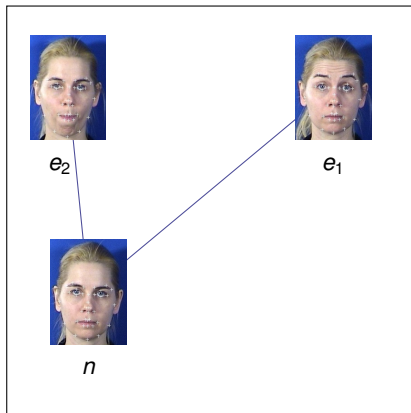
- modèle linéaire
- hypothèse simplificatrice
- description par projection
- combinaison possible



Modèle linéaire

Expression unitaire décrite par son maximum d'intensité.

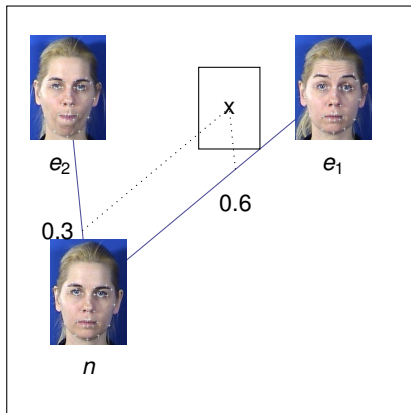
- modèle linéaire
- hypothèse simplificatrice
- description par projection
- combinaison possible



Modèle linéaire

Expression unitaire décrite par son maximum d'intensité.

- modèle linéaire
- hypothèse simplificatrice
- description par projection
- combinaison possible



Modèle linéaire : construction

Exemple de construction de la base **B** :



n



e_1 (AU36)



e_2 (AU2)

$$\mathbf{B}_s = [\mathbf{s}_{e_1} - \mathbf{s}_n, \mathbf{s}_{e_2} - \mathbf{s}_n]$$

$$\mathbf{B}_t = [\mathbf{t}_{e_1} - \mathbf{t}_n, \mathbf{t}_{e_2} - \mathbf{t}_n]$$

Modèle linéaire

Pour un visage de forme **s** et de texture **t** :

Extraction de l'intensité expressive :

$$\mathbf{b}_s = \mathbf{B}_s^+(\mathbf{s} - \mathbf{s}_n)$$

$$\mathbf{b}_t = \mathbf{B}_t^+(\mathbf{t} - \mathbf{t}_n)$$

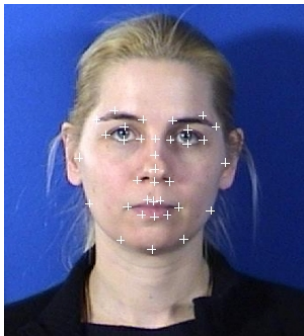
Intensité :

$$\mathbf{b} = \max\{\mathbf{b}_s, \mathbf{b}_t\}$$

Erreur de reconstruction :

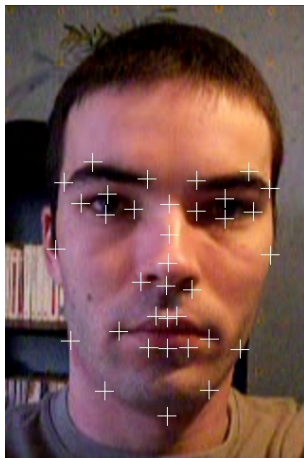
$$e_s = \frac{\|\mathbf{s} - (\mathbf{B}_s \mathbf{b}_s + \mathbf{s}_n)\|}{\|\mathbf{s}\|}$$

Exemple 1 (cooccurrence)



- AU36 (déplacement de la langue entre la mâchoire inférieure et la lèvre inférieure) maintenue
- puis AU2 (relèvement des sourcils) maintenue

Exemple 2 (coarticulation)

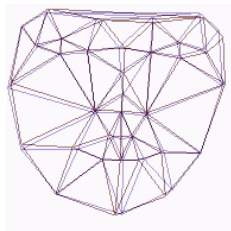


- AU2 (relèvement des sourcils extérieurs) seule
- puis AU4 (froncement des sourcils intérieurs) seule
- puis AU2 + AU4
- puis AU4 + AU2

Modèle linéaire : évaluation

Erreur de reconstruction maximale :

- forme : 5.2%
- texture : 14.3%



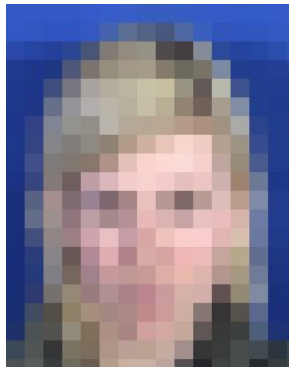
Plan

- 1 Modélisations du visage
- 2 AAM (Active Appearance Models)
- 3 Caractérisation et évaluation des AAMs
- 4 Contribution à la prise en compte des occultations
- 5 Applications
 - Description des expressions
 - Anonymisation
- 6 Conclusion et perspectives

Anonymisation

Une personne inconnue ne veut pas être reconnue par la suite :

- échec des méthodes classiques de flou
- méthode de changement d'identité



Anonymisation

Une personne inconnue ne veut pas être reconnue par la suite :

- échec des méthodes classiques de flou
- méthode de changement d'identité



Méthode

Méthode par projection

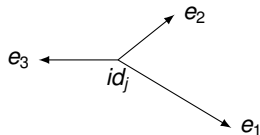
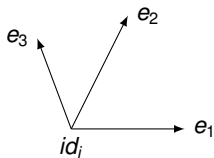
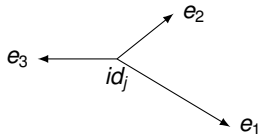
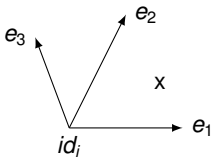


Image d'origine

Méthode

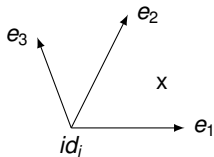
Méthode par projection



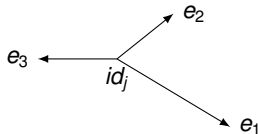
Projection sur l'espace d'identité i

Méthode

Méthode par projection



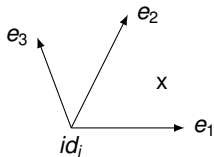
$$\begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.4 \\ 0.1 \end{pmatrix}$$



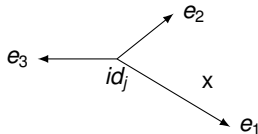
Projection sur l'espace d'identité i

Méthode

Méthode par projection



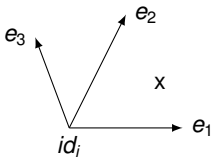
$$\begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.4 \\ 0.1 \end{pmatrix}$$



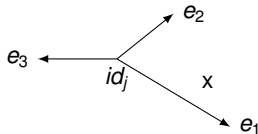
Report sur l'espace d'identité j

Méthode

Méthode par projection



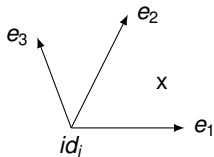
$$\begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.4 \\ 0.1 \end{pmatrix}$$



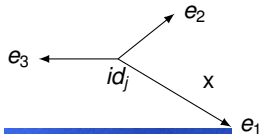
Report sur l'espace d'identité j

Méthode

Méthode par projection



$$\begin{pmatrix} 0.6 \\ 0.4 \\ 0.1 \end{pmatrix}$$



Report sur l'espace d'identité j

Évaluation

Évaluation sur un sous-ensemble de MMI :

- 6 identités
- 18 expressions unitaires
- modèle de forme à 35 points

Comparaison avec deux autres méthodes :

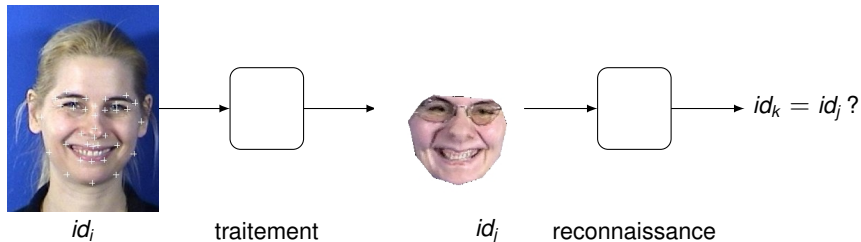
[Costen 02]

- modèle : espaces identitaires centrées sur l'expression neutre
- méthode : ACP

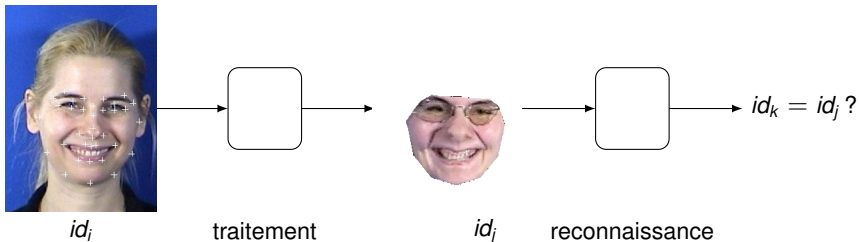
[Abboud 04]

- modèle : forme bilinéaire (identité / expression)
- méthode : factorisation

Évaluation : confusion d'identités

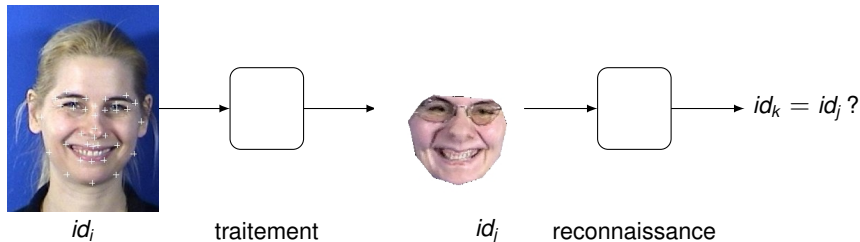


Évaluation : confusion d'identités



- identité : moyenne des expressions
- classification : distance minimale
- anonymisation sur chaque identité possible ($6 \times 5 \times 18 = 540$ images)
- reconnaissance parmi 43 identités (ajout de la base IMM)

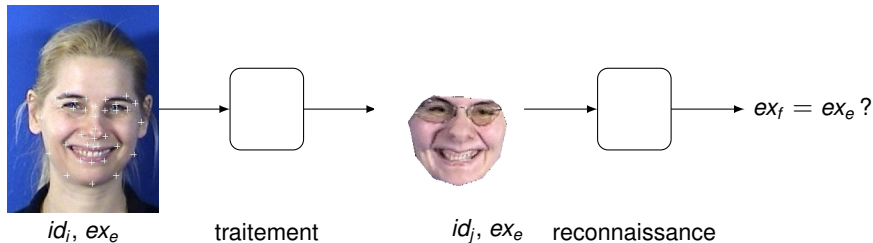
Évaluation : confusion d'identités



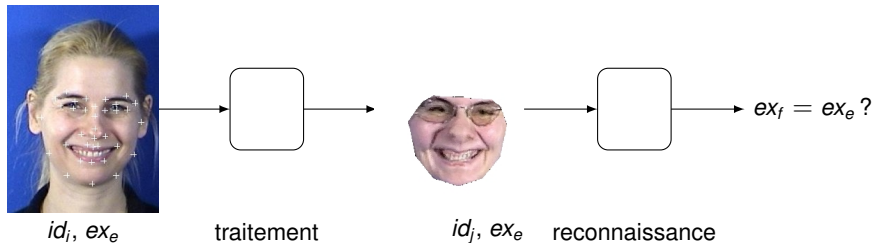
- identité : moyenne des expressions
- classification : distance minimale
- anonymisation sur chaque identité possible ($6 \times 5 \times 18 = 540$ images)
- reconnaissance parmi 43 identités (ajout de la base IMM)

Résultats positifs $> 99\%$

Évaluation : reconnaissance d'expressions



Évaluation : reconnaissance d'expressions



- expression : moyenne des identités (forme + texture)
- classification : distance minimale
- anonymisation sur chaque identité possible ($6 \times 5 \times 18 = 540$ images)

Évaluation

Reconnaissance d'expressions :

Sans traitement	Après anonymisation		
	[Costen]	[Abboud]	[Mercier]
69 %	58 %	69 %	69 %

Méthode par projection :

- meilleure résolution théorique de rendu
- méthode descriptive



Plan

- 1 Modélisations du visage
- 2 AAM (Active Appearance Models)
- 3 Caractérisation et évaluation des AAMs
- 4 Contribution à la prise en compte des occultations
- 5 Applications
 - Description des expressions
 - Anonymisation
- 6 Conclusion et perspectives

Conclusion

Travaux présentés :

- évaluation d'une méthode précise de suivi des déformations faciales
- **extension pour la détection automatique d'occultations**
 - **suivi de longues séquences occultées**
- méthode de description des expressions
- méthode de changement d'identité

Tests d'intelligibilité :

- 1 séquence reconstruite par l'algorithme de suivi
- 2 séquence anonymisée
- **un ensemble d'énoncés de test**
- **jugement de la compréhension**

Tests d'intelligibilité :

- 1 séquence reconstruite par l'algorithme de suivi
 - 2 séquence anonymisée
- un ensemble d'énoncés de test
 - jugement de la compréhension

Nature des intensités expressives :

- construction d'une vérité terrain
 - experts FACS

Perspectives

Tests d'intelligibilité :

- 1 séquence reconstruite par l'algorithme de suivi
 - 2 séquence anonymisée
- un ensemble d'énoncés de test
 - jugement de la compréhension

Nature des intensités expressives :

- construction d'une vérité terrain
 - experts FACS

Projet multidisciplinaire

Perspectives

À court terme :

- validation de l'extension 3D
- validation de la version temps réel
- adéquation du modèle linéaire
 - modèle 3D animable
- lien avec un système d'analyse de la LSF

À court terme :

- validation de l'extension 3D
- validation de la version temps réel
- adéquation du modèle linéaire
 - modèle 3D animable
- lien avec un système d'analyse de la LSF

Applications industrielles :

- création d'un forum en LSF
- animation faciale d'avatar signant

À court terme :

- validation de l'extension 3D
- validation de la version temps réel
- adéquation du modèle linéaire
 - modèle 3D animable
- lien avec un système d'analyse de la LSF

Applications industrielles :

- création d'un forum en LSF
- animation faciale d'avatar signant

Questions ouvertes :

- annotation assistée
- généralisation :
 - découpage de l'espace de recherche
 - utilisation de la variante robuste

- Hugo Mercier, Julien Peyras, Patrice Dalle. *Toward an Efficient and Accurate AAM Fitting on Appearance Varying Faces*, 7th International Conference on Automatic Face and Gesture Recognition - FG2006, Southampton, Royaume-Uni, 10-12 avril 2006.
- Hugo Mercier, Patrice Dalle. *Face analysis : identity vs. expressions*, 2e Congrès de l'International Society for Gesture Studies (ISGS) : Interacting Bodies / Corps en interaction, Lyon, 15-18 juin 2005. Ecole normale supérieure Lettres et Sciences humaines
- Hugo Mercier, Julien Peyras, Patrice Dalle, *Occluded Facial Expression Tracking*, 15th Scandinavian Conference on Image Analysis - SCIA 2007, Aalborg, Danemark, 10-14 juin 2007 - **accepté**.

