

# Eigenfaces

Arthur MASSON et Aurélien YOL

20 Janvier 2011

L'objectif de ce TP est d'étudier la méthode de reconnaissance de visages par eigenfaces. Nous développerons un système capable de reconnaître un visage à partir d'une base de donnée de visages de référence.

## Introduction

Le problème que nous allons, ici, considérer est : étant une image de visage donnée on souhaite déterminer l'identité de la personne. Pour ce faire, à chaque visage dit "de référence" sera associé un vecteur de caractéristiques. Ces caractéristiques sont supposées être invariantes pour une même personne et différentes d'une personne à l'autre. Il existe plusieurs types de méthodes pour identifier la personne, qui se distinguent par le type de caractéristiques utilisées. Lors de ce TP, nous utiliserons une approche, dite "images", qui compare directement les visages en les considérant comme des images, pour lesquelles des mesures de similarité pré-attentives sont définies.

Chaque visage sera donc une image qui pourra être représentée par un vecteur à  $n$  composantes et l'ensemble des visages formera un nuage de points dans un espace  $\mathbf{R}^n$ . On note  $\Psi$  la moyenne de ce nuage de points, ou "visage moyen". Il est toujours le même pour une base de références fixée.

Le principe de la méthode des eigenfaces est de modéliser la différence d'un visage quelconque par rapport à ce visage moyen par un ensemble limité d'images  $\mathbf{u}_h$ , appelées eigenfaces. Une image de visage  $\mathbf{J}$  est donc exprimée comme le visage moyen auquel s'ajoute une combinaison linéaire d'eigenfaces :

$$\mathbf{J} = \Psi + \sum_h w_h u_h + \epsilon$$

Où  $w_h$  représente le poids de l'eigenface d'indice  $h$  dans le visage  $\mathbf{J}$ , et  $\epsilon$  l'erreur entre  $\mathbf{J}$  et son approximation par les eigenfaces.

## Identification de visages

### Calcul du visage moyen

Le visage moyen est une moyenne, en chaque pixel, de l'ensemble des images de référence.



FIGURE 1 – Exemple de visage moyen

**Remarque :** Le visage moyen de la figure 1 a été généré à partir de 10 personnes différentes ayant chacune 6 images références (60 images).

## Analyse en composantes principales

La méthode développée par Turk et Pentland définit les eigenfaces comme les axes principaux obtenus en effectuant l'Analyse en Composantes Principales des vecteurs associés au visages de référence.

Considérons la matrice  $\mathbf{A}$  contenant l'ensemble des visages centrés :

$$\mathbf{A} = [I_1 - \Psi \dots I_m - \Psi]$$

Plutôt que d'utiliser la décomposition en valeurs propres, nous utiliserons la SVD qui permet d'éviter des calculs fastidieux. La SVD décompose la matrice  $\mathbf{A}$  en :

$$\mathbf{A} = \mathbf{U} \cdot \mathbf{S} \cdot \mathbf{V}^T$$

Les colonnes de  $\mathbf{V}$  sont les vecteurs propres de  $\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{A}$

Le carré des valeurs singulières  $s_k$  de  $\mathbf{S}$  sont les valeurs propres de  $\mathbf{A}^T \cdot \mathbf{A}$  et  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{A}^T$

Les colonnes de  $\mathbf{U}$  sont les vecteurs propres de  $\mathbf{A} \cdot \mathbf{A}^T$  et représentent les eigenfaces



FIGURE 2 – Exemple d'eigenfaces générées, comme précédemment, avec 60 images de références.

## Projection dans le sous-espace des visages

La projection d'une image dans le sous-espace se fait simplement en soustrayant le visage moyen et en effectuant le produit scalaire de l'image obtenue avec chaque eigenfaces (voir explication en introduction).

En considérant  $W_k$  les coordonnées de l'image projetée dans la base des eigenfaces définit par :

$$\mathbf{W}_k = u_k^T \cdot (J - \Psi)$$

Où  $J$  représente l'image de base et  $\Psi$  le visage moyen et  $u_k$  les  $k$  premières eigenfaces. On peut maintenant calculer l'image projetée comme :

$$\mathbf{J}_p = \Psi + \sum_{k=1}^K W_k u_k$$

Cette image projetée est aussi appelée "image reconstruite".

**Remarque :** Dans la reconstitution ci-dessous, nous considérerons 1 seule personne, où tout les visages fournis on été pris comme images de référence. Nous chercherons donc à reconstruire parfaitement le visage.

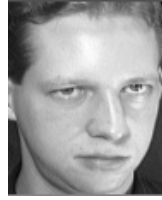


FIGURE 3 – Image de test



FIGURE 4 – Figure (a) : 1Eigenface, (b) 3 Eigenfaces, (c) 5 Eigenfaces, (d) 6 Eigenfaces, (e) 10 Eigenfaces

La figure 4 montre l'évolution de la reconstruction pour un nombre partiel d'eigenfaces utilisé (10 au total). On remarque que la totalité des eigenfaces n'est pas forcément nécessaire pour une reconstruction parfaite. Ici, 6 eigenfaces sont déjà quasi-suffisante pour une reconstruction presque parfaite.

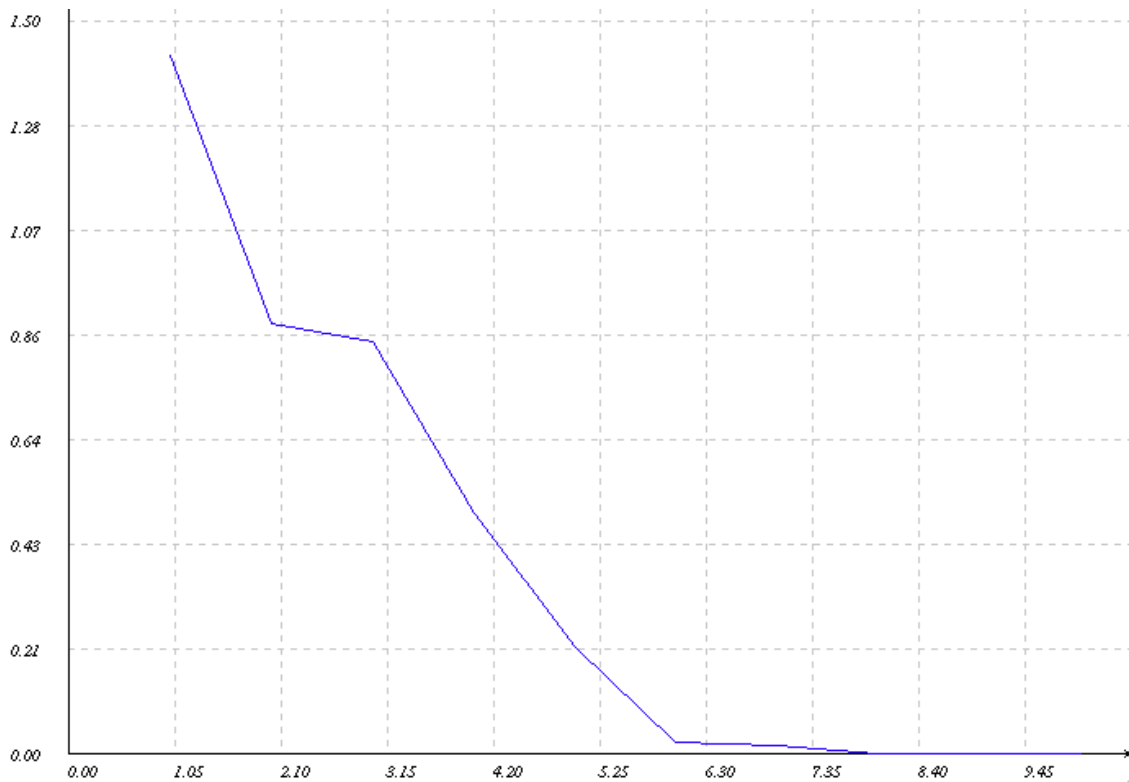


FIGURE 5 – Evolution de l'erreur en fonction du nombre d'eigenfaces

L'erreur de reconstruction (ou de projection) est définie comme la distance entre une image et l'image reconstruite (projetée) associée :

$$\mathbf{E}(J) = ||J - J_p||$$

La figure 5 justifie bien qu'il faut 6-7 eigenfaces pour une reconstruction quasi-parfaite.

## Identification

Nous chercherons, dans cette partie, à identifier un visage test à partir des visages de référence.

La méthode la plus simple consiste à comparer la projection  $J_p$  du visage test  $J$  avec la projection  $J_p^k$  de chaque image référence  $I^k$ . Cette méthode sera construite en 4 étapes :

1. On associe à chaque visage de référence une identité.
2. On crée les eigenfaces avec les visages de référence.
3. On génère les Wks (coordonnées d'un image projetée) correspondant à chaque image de référence.
4. On compare le W de l'image test au Wks, puis on retourne L'Id associé.

## Quelques résultats



FIGURE 6 – Image de référence



(a) Identifié



(b) Identifié



(c) Non identifié

## Le mot de la fin...

La méthode d'identification de visage présentée dans ce compte rendu existe depuis plusieurs années. Cependant, elle est l'une des méthodes les plus robuste, et est aujourd'hui utilisée dans les aéroports et autres lieux publics.