

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'enseignement supérieur et de la recherche scientifique

Université de 8 Mai 1945 – Guelma

Faculté des Mathématiques, d'Informatique et des Sciences de la matière

Département d'Informatique



## Mémoire de Fin d'études Master

**Filière :** Informatique

**Option :** Ingénierie des médias

**Thème :**

---

---

*Transfert d'expressions faciales basé sur les points caractéristiques*

---

---

**Encadré Par :**

Mme. Bordjiba Yamina

**Présenté par :**

Adjabi Fatima Zahra

Guerrib Asma

**Juin 2017**

## Résumé

---

Dans ce mémoire, nous traitons le transfert d'expressions faciales qui est l'un des sujets le plus actif actuellement dans la branche de vision par machine, qui sert à étudier le comportement d'être humain, le modéliser et de l'animer dans le monde virtuel.

Le transfert d'expressions faciales consiste à animer un visage cible (virtuel) à partir de données extraites d'un visage source. Cette approche d'animation comporte plusieurs étapes : détection de visage, la localisation et le suivi des points de contrôle en face de la source, la localisation des points de contrôle du visage cible, le transfert des déplacements des points de contrôle dans le visage source vers le visage cible.

La réalisation d'une scène tridimensionnelle, bien animée et réaliste est une tâche assez complexe, notre but est de concevoir et réaliser une application qui permet de transférer les expressions faciales extraites d'une acquisition en 2D vers un avatar 3D. Il existe peu de méthodes de transfert qui permettent de le faire.

Dans notre travail, nous proposons d'utiliser deux méthodes : les fonctions à bases radiales (Radial Basis Function, RBF) et les transformations géométriques(TG). Dans notre cas, les entrées sont un visage source à l'état neutre et avec diverses expressions, capturées avec une caméra ordinaire et un visage cible à l'état neutre, la sortie est le visage cible (l'objet virtuel) avec les expressions du visage source transférées.

Ces techniques ont été testées pour différentes expressions, les résultats obtenus sont satisfaisants. Nous avons remarqué que les transformations géométriques, malgré leur simplicité, offre de meilleurs résultats.

**Les mots clés** : Expressions faciales, Objet virtuel, Transfert d'expressions faciales, Transformation géométrique, Fonctions à bases radiales, Point de contrôle, Zone d'influence.

## Abstract

---

In this paper, we treat with the transfer of facial expressions, which is one of the most active subjects in the machine vision branch, it is used to study, to model and to animate behavior in humans the virtual world.

The transfer of facial expressions involves animating a (virtual) target face from data extracted from a source face. This animation approach involves several steps: face detection, location and tracking of control points in the source face, location of control points in the target face, transfer of control point movements in the source face to the target face.

The realization of a three-dimensional, animated and realistic scene is a rather complex task, our goal is to design and realize an application that allows transferring the facial expressions extracted from a 2D acquisition to a 3D avatar.

In our work, we propose to use two methods: Radial Basis Function (RBF) and geometric transformations (TG). In our case, the inputs are a source face in the neutral state and with various expressions, captured with an ordinary camera and a target face in the neutral state, the output is the target face (the virtual object) with the expressions of the source face transferred.

These techniques have been tested for different expressions. The obtained results are satisfactory. We have noticed that geometrical transformations, despite their simplicity, offer better results.

**Keywords:** Transfer, Expressions, Facial Expressions, Virtual Object, Geometric Transformation, Radial Based Functions, Area of Influence, control points.



## *Remerciement*

*Grand merci à Dieu.*

*Nous remercions nos familles, sans vous tout est difficile.  
Avant tous nous tenons à offrir notre respect à notre encadreur  
Mme Bordjiba et nous la remercions vivement pour son aide,  
son guide et son orientation.*

*Merci Mme pour votre gentillesse, votre temps et vos conseils.*

*Merci à nos parents, nos sœurs et frères, nos amies.*

*Merci à nos enseignants qui ont contribué à notre formation  
durant ces trois dernières années.*

*Merci à tous, merci à toute.*



*Asma & Fatima Zahra*

## *Dédicace*

*« Fatima Zakra Adjabi »*

*Je dédie ce mémoire à ceux que suis grâce à eux dans ce niveau d'étude*

*Mes chers parents,*

*Ma mère « Karima Khenoui » et Mon père « Mohamed Adjabi », Aucun*

*hommage ne pourrait être à la hauteur de vos*

*Sacrifices, De l'amour et de l'affection dont vous n'avez cessé de*

*M'entourer.*

*Vos encouragements constants ont toujours été pour moi*

*Des plus précieux.*

*À toutes ma famille, mes sœur « Amina, Asma, Ikrum, Chaima »,*

*A mes camarades de travail « Mohammed Elmountassir Essalhi et Karima*

*Mallek » pour tout l'encouragement et le soutien que j'ai trouvé*

*Auprès de vous*

*A ma copine de travail « Asma Guerril »*

*Je vous aime tous et j'espère que la vie vous préservera*

*Plein de bonheur,*

*De réussite, de prospérité et une très bonne santé.*

*Merci*

## *Dédicace*

*Je dédie ce travail à mes chers parent ceux qui se sont sacrifiés  
pour mon éducation et mon bonheur.*

*Mon chère père Abdelaziz et ma chère mère Nora de leur amour,  
tendresse et encouragement.*

*A mon marie Bilel*

*A mes adorables sœurs Hadjer , Dikra et la petite princesse  
Lila Miral.*

*A mon petit frère Midou.*

*A ma deuxième famille*

*Salah, Houria, Souma, Loubna et Med Amine.*

*A ma copine et collègue de travail Zahra.*

*A ceux qui m'aime et ceux que j'aime.*

*Asma*



# Sommaire

# Sommaire.

---

<b>Résumé .</b>	
<b>Abstract.</b>	
<b>Liste de figures.</b>	
<b>Liste des tableaux</b>	
<b>Introduction générale</b> .....	1
<b>Chapitre I : Généralités sur l’animation faciale</b>	
I. Introduction .....	3
II. Visage humain .....	3
II.1. Les caractéristiques du visage .....	3
II.2. Les expressions faciales .....	5
II.3. Les émotions .....	5
III. La modélisation de visage animé .....	6
III.1. Modèle de paramétrisation directe .....	7
III.2. Facial action coding system (FACS) .....	7
III.3. Action abstraite des muscles (AMA).....	8
III.4. Modélisation physique .....	9
III.5. Standard MPEG-4 .....	9
IV. Animation .....	10
IV.1. Animation faciale .....	10
IV.1.1. Type d’animation faciale .....	11
IV.1.2. Historique .....	11
IV.1.3. Techniques d’animation faciale .....	12
IV.1.3.1. L’interpolation .....	14
IV.1.3.2. Animation par paramétrisation .....	14
IV.1.3.3. Capture de mouvement .....	15
IV.1.3.4. Les méthodes basées pseudo-muscles .....	15
V. Les avantages d’animation faciale .....	15
V.1. Domaine d’application .....	16
VI. Conclusion .....	18
<b>Chapitre II : Transfert d’expressions faciales.</b>	
I. Introduction.....	19
II. Transfert d’animation faciale.....	19
II.1. Techniques de transfert d’animation faciale .....	20

## Sommaire.

---

II.1.1. La modulation ( morphing) de 2D vers 3D.....	20
II.1.2. Expression cloning .....	21
II.1.3. Motion cloning.....	22
II.1.4. Transfert d'animation faciale 2D vers 3D par déformation Laplacienne.....	24
II.1.5. Animation faciale 3D linéaire basée sur les données réelles.....	25
II.1.6. Transfert des expressions faciles guidé par les données .....	25
II.1.7. Clonage d'expression faciale avec des modèles élastiques et musculaire ....	26
III.1.8. Transfert guidé par l'image et rééclairage des expressions faciales.....	28
II.1.9. Régression en forme 3D pour l'animation du visage en temps réel .....	28
II.1.10. Régression de l'expression dynamique pour le suivi et l'animation du visage en temps réel.....	29
III. Les RBF pour l'interpolation de surface .....	30
IV. Conclusion .....	33
<b>Chapitre III : La conception.</b>	
I. Introduction .....	34
II. Objectif de l'application .....	34
III. Les entrées / Sorties .....	35
IV. Architecture de l'application .....	36
V. Les étapes principales de l'application .....	37
V.1. Détection de points de contrôle de visage.....	38
V.2. Le transfert d'expressions faciales .....	39
V.2.1. Transfert par les fonctions à base radial (RBF) .....	39
V.2.2. Transfert par transformations géométriques (TG) .....	42
V.2.3. La zone d'influence .....	44
VI. Conclusion .....	47
<b>Chapitre IV : Réalisation</b>	
I. Introduction .....	48
II. Réalisation.....	48
II.1. Environnement de développement .....	48
II.1.1. Environnement matériel .....	48
II.1.2. Environnement logiciel .....	48
II.1.2.1. Présentation Java .....	49
II.1.2.2. Face SDK .....	49

## Sommaire.

---

II.1.2.3. JavaView .....	50
II.2. Description de l'application .....	51
II.2.1. Les interfaces .....	51
III. Résultats de tests .....	54
III.1. Détection de points caractéristiques .....	54
III.2. Transfert d'expression faciale .....	54
IV. Discussion des résultats .....	58
V. Conclusion .....	58
<b>Conclusion générale</b> .....	59
<b>Bibliographie</b> .....	61
<b>Webographie</b> .....	64



# Liste des figure

## Liste de figures :

<b>Figure I.1</b> : Les composants du visage humain.....	<b>5</b>
<b>Figure I.2</b> : Différentes émotions.....	<b>6</b>
<b>Figure I.4</b> : Les unités d'action de la partie supérieure du visage.....	<b>8</b>
<b>Figure I.5</b> : Découpage du standard MPEG-4.....	<b>10</b>
<b>Figure I.6</b> : Premier modèle d'animation faciale.....	<b>12</b>
<b>Figure I.7</b> : Organisation des différentes techniques d'animation faciale.....	<b>13</b>
<b>Figure II.1</b> : Transfert faciale, à gauche visage source en état neutre, à droite visage cible en état neutre.....	<b>19</b>
<b>Figure II.2</b> : Système d'expression cloning.....	<b>22</b>
<b>Figure II.3</b> : Vue d'ensemble du processus de clonage d'animations.....	<b>23</b>
<b>Figure II.4</b> : Résultat de transfert des expressions faciales guidé par les données.....	<b>26</b>
<b>Figure II.5</b> : Résultat de transfert par clonage d'expression faciale avec des modèles élastiques et musculaires.....	<b>27</b>
<b>Figure II.6</b> : Régression en forme 3D pour l'animation du visage en temps réel.....	<b>29</b>
<b>Figure II.7</b> : Régression de l'expression dynamique pour le suivi et l'animation du visage en temps réel.....	<b>30</b>
<b>Figure II.8</b> : Création d'une expression.....	<b>31</b>
<b>Figure II.9</b> : Les étapes de l'interpolation par RBF.....	<b>31</b>
<b>Figure III.1</b> : Les entrées et les sorties de l'application avec les RBF.....	<b>35</b>
<b>Figure III.2</b> : Les entrées et les sorties de l'application avec la méthode de Transformation Géométrique.....	<b>36</b>
<b>Figure III.3</b> : L'architecture globale de l'application.....	<b>37</b>
<b>Figure III.4</b> : Les positions des points caractéristiques utilisés.....	<b>39</b>
<b>Figure III.5</b> : schématisation des étapes du transfert facial.....	<b>41</b>
<b>Figure III.9</b> : Exemple d'une translation.....	<b>42</b>
<b>Figure III.10</b> : Exemple d'une rotation autour d'un point.....	<b>43</b>
<b>Figure III.8</b> : Exemple d'une zone d'influence.....	<b>46</b>
<b>Figure IV.1</b> : Le démarrage de l'eclipse.....	<b>48</b>
<b>Figure IV.2</b> : Exemple d'extraction des points caractéristiques d'un visage en utilisant Face SDK.....	<b>50</b>
<b>Figure IV.3</b> : <i>Démarrage de JavaView</i> .....	<b>50</b>
<b>Figure IV.4</b> : Extraction de points caractéristiques manuellement avec JavaView.....	<b>51</b>
<b>Figure IV.5</b> : Interface principale.....	<b>52</b>
<b>Figure IV.6</b> : Interface secondaire après le choix de la méthode.....	<b>53</b>
<b>Figure IV.7</b> : Détection de points caractéristiques avec Face SDK.....	<b>53</b>
<b>Figure IV.8</b> : Résultat de transfert d'expression par RBF.....	<b>54</b>
<b>Figure IV.9</b> : Résultat de transfert d'expression par TG.....	<b>54</b>
<b>Figure IV.10</b> : Résultat de transfert d'expression d'un sourire par TG.....	<b>55</b>

## Liste de figures :

---

<b>Figure IV.11</b> : Résultat de transfert d'expression d'un sourire par RBF.....	<b>55</b>
<b>Figure IV.12</b> : <i>Différents résultats de tests</i> .....	<b>56</b>
<b>Figure IV.13</b> : Mauvais résultats.....	<b>57</b>



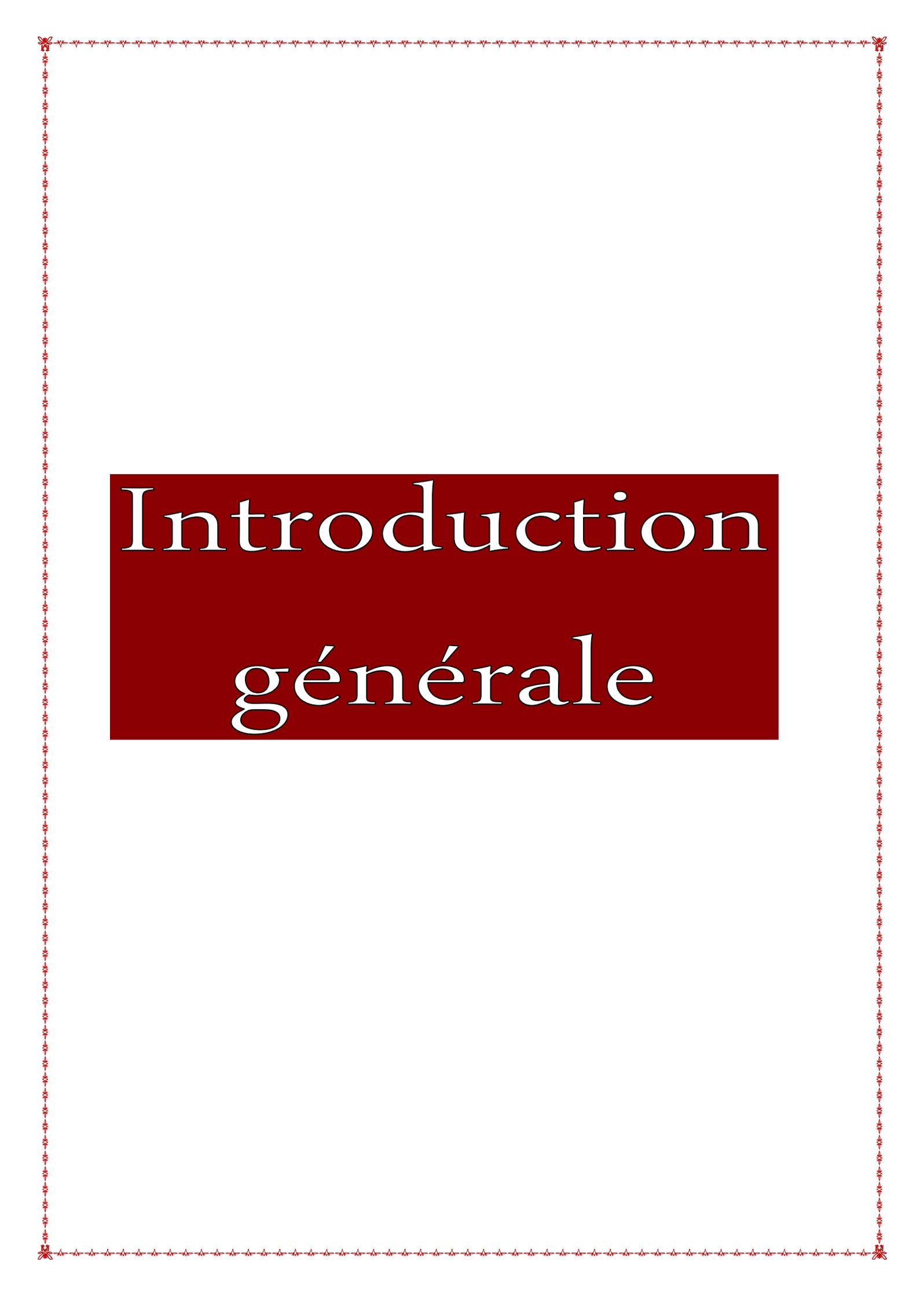
# Liste des tableaux

## Liste de tableaux :

---

**Tableau II.1 : Comparaison entre Motion cloning et expression cloning .....24**

**Tableau III.1 : La liste des points caractéristiques utilisés .....38**



# Introduction générale

# Introduction générale

---

Le visage est une partie très importante du corps humain pour la communication, notamment par les émotions et les sentiments qu'il peut transmettre et il est l'interface principale par laquelle l'être humain réagit avec son environnement. C'est pour ça, le domaine d'infographie s'intéresse beaucoup au traitement et à l'animation faciale.

Cette dernière (l'animation faciale) joue actuellement un rôle important dans l'interaction homme machine, qui est un domaine très vaste informatique, et qui s'intéresse à la communication entre l'homme et la machine, il définit l'ensemble des moyens et des outils mis en œuvre afin qu'un homme puisse interagir avec une machine. Ainsi, l'animation faciale est incluse dans ce domaine car elle consiste aussi à modéliser le visage humain et à lui permettre d'être réaliste dans un monde imaginaire, en s'inspirant d'un environnement réel.

Modéliser un agent intelligent qui réagit et communique avec des expressions faciales semblable à celles d'un être humain, est l'objectif de plusieurs recherches en informatique ces dernières années.

L'animation faciale consiste généralement à produire des expressions de la face d'un être vivant sur un modèle virtuel. Les techniques d'animation faciale ont beaucoup évolué ces dernières années. Deux grandes catégories de ces techniques peuvent être distinguées : les méthodes purement synthétiques, dont toutes les phases de l'animation se font uniquement avec les logiciels d'animation, et les méthodes utilisant la capture de mouvements acquise sur un acteur réel.

C'est à cette dernière catégorie de techniques que nous nous intéressons. Plusieurs méthodes de transfert d'animation faciale existent dans la littérature, parmi lesquelles, nous citons : *Le morphing*, *l'Expression cloning*, et *leMotion cloning*.

Dans ce mémoire de fin d'étude, nous nous orientons vers le transfert de différentes expressions réalisées par un visage réel à un autre, basé sur les points caractéristiques par deux méthodes de transfert d'animation : par interpolation avec les fonctions à bases radiales qui donnent une transformation tout en s'adaptant au changement morphologique et l'autre se base sur les transformations géométriques, qui s'appliquent au déplacement des points de contrôle à chaque expression.

Ce mémoire est constitué d'une introduction, quatre chapitres et une conclusion.

## Introduction générale

---

- Dans le premier chapitre, nous présentons de manière générale le visage humain et les expressions faciales, ainsi qu'une vue globale de l'animation faciale et une petite histoire.
- Dans le deuxième chapitre, nous définissons le transfert d'animation faciale, et quelques techniques existantes.
- Dans le troisième chapitre, nous présentons la conception détaillée de notre application.
- Le quatrième chapitre expose les détails techniques correspondants à l'implémentation : l'environnement de développement, les ressources utilisées, le langage de programmation, les différents outils ainsi que les résultats obtenus.

Enfin, nous finalisons notre mémoire par une conclusion générale et quelques perspectives pour de futurs travaux.

# Chapitre I: Généralités sur l'animation faciale.

<b>I. Introduction .....</b>	<b>3</b>
<b>II. Visage humain :.....</b>	<b>3</b>
<b>III. La modélisation de visage animé : .....</b>	<b>6</b>
<b>IV. Animation: .....</b>	<b>10</b>
<b>V. Conclusion : .....</b>	<b>18</b>

# Chapitre I : Généralités sur l'animation faciale.

---

## I. Introduction :

Le corps humain possède beaucoup de capacités très compliquées, c'est pour cela que beaucoup de travaux et d'inventions informatique récentes s'inspirent de ce dernier. Le visage humain est la partie la plus importante pour la reconnaissance des individus et la communication par les expressions dont il est capable de produire. Le visage humain est très complexe et riche en informations. Donc, les différentes méthodes utilisées pour le traiter se basent sur plusieurs détails extraits du visage comme : les points caractéristiques, les expressions et les émotions qui sont aussi utilisés pour la réalisation de différentes applications d'interaction homme-machine.

Dans ce chapitre, nous allons présenter des généralités sur le visage humain et l'animation faciale.

## II. Visage humain :

Un visage (face en anglais), c'est la partie antérieure de la tête, où se trouve le front, les yeux, le nez et la bouche. C'est par le visage que l'on exprime nos émotions, que l'on manifeste de la complicité, du dégoût ou de l'énervement.

C'est aussi par lui que l'on se reconnaît, et beaucoup de nos sens y sont rassemblés, c'est peut-être la partie du corps la plus importante.

### II.1. Les caractéristiques du visage :

Un modèle de visage est la réunion de plusieurs éléments et détails. Décrivons brièvement les principaux éléments de description du visage, ainsi que leurs rôles respectifs. **[PM07]**

Les principaux composants du visage sont :

#### ❖ Les yeux et les sourcils :

Le mouvement des yeux est vraiment très important pour transmettre des émotions et créer des expressions. Situés chacun dans une orbite du squelette, ils sont entourés de

## Chapitre I : Généralités sur l'animation faciale.

---

muscles permettant un positionnement précis de l'axe de vision et aidant à la détermination du rapport nécessaire entre les deux yeux pour la vision binoculaire.

Du point de vue de la modélisation, les yeux sont représentés schématiquement par un globe, dont une partie est visible et l'autre non. Sur ce globe oculaire se trouvent l'iris et la pupille.

### ❖ **Le nez :**

Le nez est l'entité de visage située entre les yeux et la bouche et qui est le responsable de l'odorat, il contient deux orifices qui s'appellent narines. En générale, le nez n'a pas vraiment une grande influence sur les animations faciales.

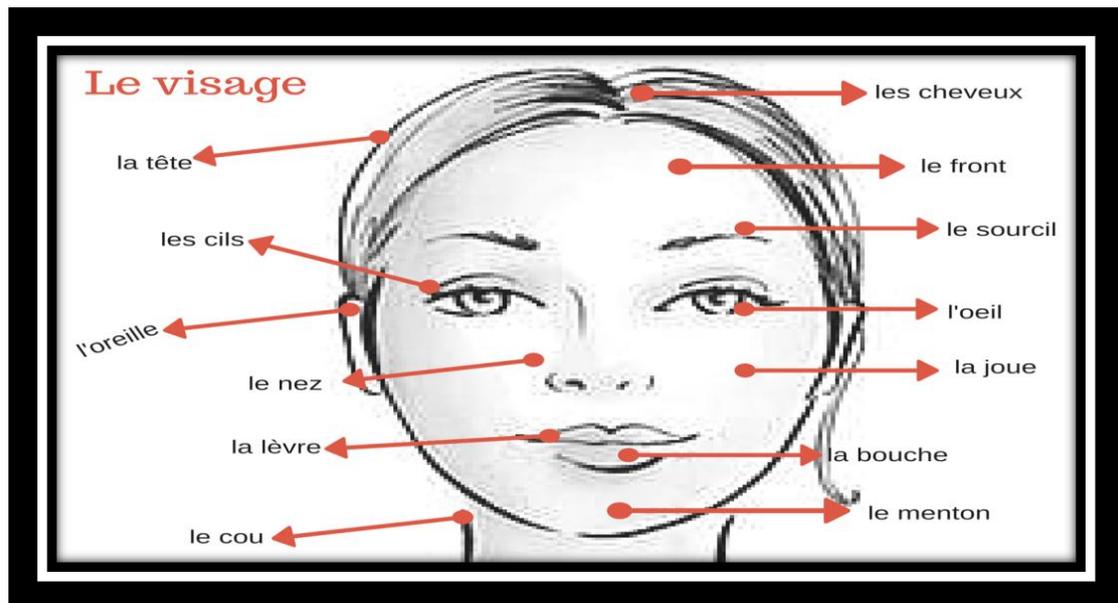
### ❖ **La bouche :**

La bouche est une des caractéristiques faciales les plus expressives, notamment grâce aux nombreux muscles l'entourant qui permettent des mouvements variés. Constituée de deux lèvres, inférieure et supérieure indépendante l'une de l'autre, elle permet à la fois d'exprimer la parole et les émotions. Notons que la lèvre inférieure est solidaire des mouvements de la mâchoire.

D'autres éléments intérieurs de la bouche, comme les gencives, les dents et la langue peuvent également être visibles dans certaines postures faciales, pouvant aider à augmenter le degré de réalisme. Leur rôle dans l'animation ne reste que secondaire.

### ❖ **Cheveux, plis, rides et éléments colorés :**

Afin d'ajouter plus de personnalité et de réalisme au personnage et à ses expressions, il est possible de prendre aussi en compte d'autres éléments. Parmi ceux-ci, mentionnons les cheveux et tous les autres éléments pileux : barbe, moustache, cils, qui peuvent subir de mouvements spécifiques, en fonction de l'expression et du personnage. Plis et rides sont utiles pour ajouter une information concernant l'âge du personnage, permettent toujours d'augmenter le degré de réalisme, de même que tout changement de teint (rougeur, pâleur, ton verdâtre...).



*Figure I.1 : Les composants du visage humain.*

### II.2. Les expressions faciales :

L'expression faciale est une mimique faciale chargée de sens. Le sens peut être l'expression d'une émotion, un indice sémantique ou une intonation dans la langue des signes. L'interprétation d'un ensemble de mouvements musculaires en expression est dépendante du contexte d'application. Dans le cas d'une application en interaction Homme-Machine où l'on désire connaître une indication sur l'état émotionnel d'un individu, on cherchera à classifier les mesures en termes d'émotions. [KG10]

### II.3. Les émotions :

Les termes expression et émotion sont très liées et parfois confondues, l'émotion est un des générateurs des expressions faciales. L'émotion se traduit par de nombreux canaux comme la position du corps, la voix et les expressions faciales. Une émotion implique généralement une expression faciale correspondante, mais l'inverse n'est pas vrai : il est possible de mimer une expression représentant une émotion sans pour autant ressentir cette émotion. Alors que les expressions dépendent des individus et des cultures. [KG10]

## Chapitre I : Généralités sur l'animation faciale.

---

Bien que les émotions d'un humain puissent être très variées, on peut distinguer les sept catégories principales suivantes : [PM07]

- ✓ La joie.
- ✓ La tristesse.
- ✓ La colère.
- ✓ La peur.
- ✓ Le dégoût.
- ✓ La surprise.
- ✓ La honte.



*Figure I.2 : Différentes émotions.*

### III. La modélisation de visage animé :

La modélisation de visages, en prenant en compte les objectifs d'animation faciale, doit permettre la mise en œuvre de techniques d'animation, capables de générer des expressions clefs, correspondant à des émotions ou à la parole, à partir d'une expression neutre.

Il existe plusieurs système de modélisation, nous citons : [PM07]

## Chapitre I : Généralités sur l'animation faciale.

---

### III.1. Modèle de paramétrisation directe :

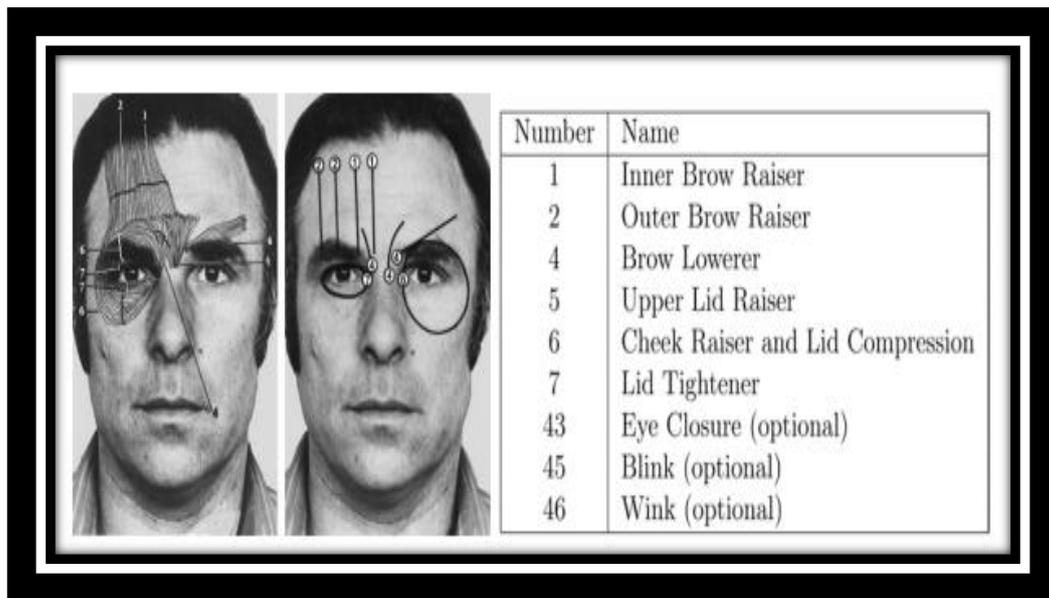
Le premier modèle de paramétrisation directe a été proposé par F. Parke [FP82]. Le principe consiste à spécifier un modèle 3D maillé, ainsi qu'un ensemble de paramètres permettant de contrôler les différents mouvements du visage ainsi que sa morphologie. La difficulté principale réside principalement dans la capacité à bien contrôler l'ensemble des paramètres pour obtenir les résultats souhaités.

Il est possible de contrôler les proportions du visage ainsi que celles de ses différents composants, la forme des joues, du menton, la taille du nez, des yeux, du front et de la mâchoire mais aussi des actions plus dynamiques comme le degré d'ouverture des yeux, la direction du regard, le mouvement de la mâchoire, ainsi que tout ce qui a trait à la bouche : forme, largeur, épaisseurs des lèvres, positionnement des commissures des lèvres et ouverture de la bouche.

### III.2. Facial action coding system (FACS):

Le FACS est un système de taxinomie des expressions faciales développé par les psychologues P. Ekman et W. Friesen en 1978 [EF78]. Il décompose les déformations faciales en 46 unités d'action (Action Units, AU). Une unité d'action définit un changement d'apparence, ainsi que le ou les muscles intervenant dans cette déformation. Les expressions faciales sont alors décrites par des combinaisons d'unités d'action et de leurs intensités.

La figure suivante présente les unités d'action de la partie supérieure du visage.



*Figure I.4 : Les unités d'action de la partie supérieure du visage.*

### III.3. Action abstraite des muscles (AMA) :

En 1988, Magnenat-Thalman et al. [DTPT88] ont présenté une nouvelle manière de créer une animation faciale de type humaine. Ce modèle est fondé sur le concept pseudo-musculaire géré par des paramètres de contrôle et appelé Abstract Muscle Action (AMA).

Des régions spécifiques du visage sont spécifiées et des actions simples ou plus complexes alliées à l'action d'un ou plusieurs groupes de muscles leur sont associées. Ces actions musculaires simples peuvent être assimilées à celles décrites par les FACS, mais sont en général simplifiées. Dans ce cadre, les FACS constituent plutôt une référence exhaustive, servant de guide.

Au total, les AMA sont composées d'une trentaine de paramètres, dont certains sont primaires et d'autres d'un plus haut niveau, regroupant plusieurs éléments de bas niveaux. Le nombre de paramètres étant fixé à l'avance toute extension est impossible, ce qui rend la génération d'expressions limitée.

### III.4. Modélisation physique :

Les visages étant animés par des muscles, il semble naturel, pour un modèle de visage, de chercher à lui associer un modèle physique de muscles. Etant détaché de la représentation du visage, un tel modèle de description musculaire permettrait d'assurer l'indépendance par rapport aux caractéristiques morphologiques. Le modèle peut être bien sûr étendu, pour prendre en compte le comportement de la peau, de la chair et des os.

### III.5. Standard MPEG-4:

La norme **MPEG-4** contient une partie dédiée à l'animation du corps humain, dont le visage, notamment à travers un système de codage d'animation faciale. Celui-ci a été spécifiquement créé pour permettre à différents terminaux ou implémentations d'utiliser un protocole commun. Le standard définit entre autres :

- 84 points caractéristiques (Facial Definition Parameters, FDP).
- 68 paramètres d'animation (Facial Animation Parameters, FAP).
- 6 unités basées sur des mesures anthropométriques du visage (Facial Animation Parameter Units, FAPU).

Les FAP sont les paramètres d'animation qui décrivent comment le visage se déforme. Les FDP sont des points caractéristiques du visage (voir la Figure I.5). Les FAPU sont des unités de normalisation basées sur des distances et des angles entre certains points caractéristiques du visage qui permettent d'interpréter les valeurs des FAP en fonction de la morphologie du visage animé. Beaucoup de travaux s'appuient sur cette normalisation de l'animation faciale.

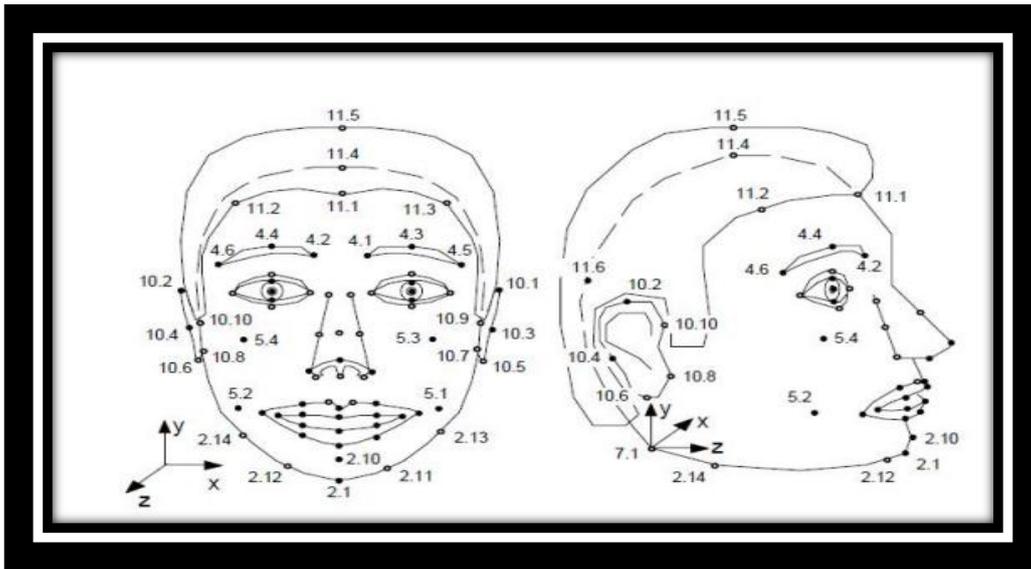


Figure I.5 : Découpage du standard MPEG-4.

### IV. Animation :

Une animation est une suite d'images ordonnées afin de modéliser un mouvement d'un objet virtuel. Par exemple, dans les dessins animés, la succession des images donnent l'illusion aux spectateurs qu'elles sont dotés de vie et peuvent ainsi bouger, se déplacer...etc. Ces animations sont utilisées dans la fabrication des films, des jeux, des simulations ...ect.

#### IV.1. Animation faciale :

L'animation de visage (dite aussi animation faciale), est une partie importante de l'animation en informatique graphique, elle est très complexe parce que le nombre d'expressions réalisables par un visage humain est quasiment infinie.

Une animation faciale est un ensemble de repères visuels intégrés de manière temporelle. Le sourire, est par exemple une animation faciale composée d'un ensemble de positions successives des lèvres. Une animation faciale est généralement décrite par sa dynamique, le sourire consiste en une position actuelle des lèvres plus étalée que sa position précédente. [DMB07]

## Chapitre I : Généralités sur l'animation faciale.

---

### IV.1.1. Type d'animation faciale :

Il existe deux types d'animation faciale :

➤ Animation faciale non temps réel :

Elle consiste à simuler les déformations du visage en manipulant les modèles 3D point par point, image par image. Ce travail très complexe nécessite beaucoup de temps et de grande qualité infographique pour produire des animations réalistes. Cette méthode apparentée à celle du dessin animé, qui a été longtemps utilisée dans le domaine de cinéma. [SG04]

➤ Animation faciale en temps réel :

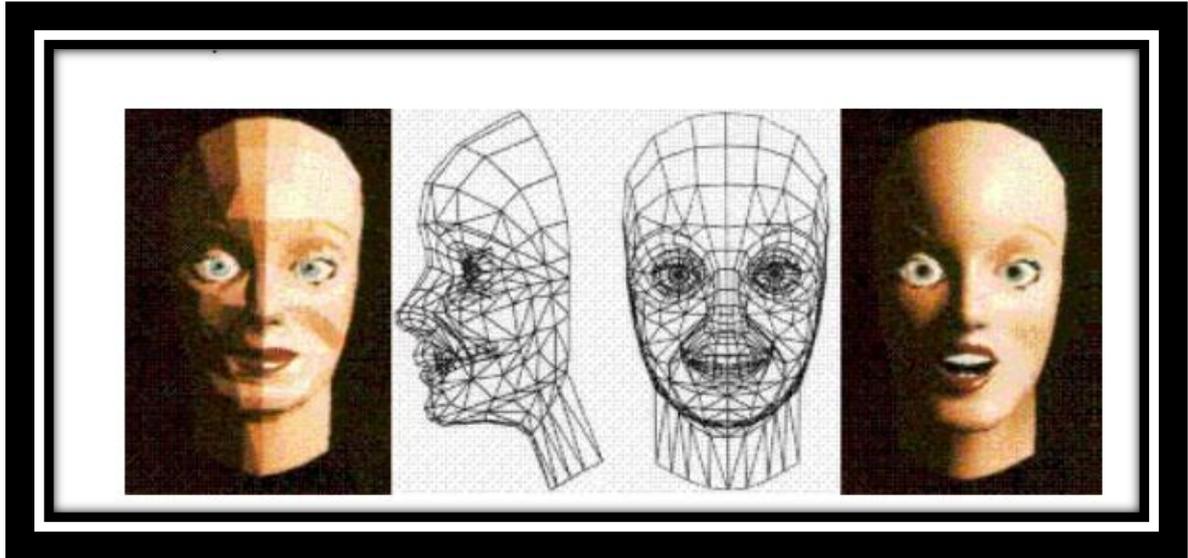
La différence entre l'animation faciale statique et en temps réel, c'est que cette dernière est peut être influencée ou modifiée par l'utilisateur et elle a plus d'avantages qu'une animation statique. L'emploi d'une telle technique d'animation impose d'avantage de contraintes que les animations non temps réel, autant sur la complexité du modèle utilisable, que sur les techniques de déformations employées, la production en nombre de modèle animable, la capacité à reproduire des images photo-réalistes utilisant les jeux de lumières et d'ombres. [SR01]

### IV.1.2 Historique :

L'expression du visage humain a fait l'objet de la recherche scientifique depuis plus de cent ans. L'étude des mouvements du visage et des expressions a commencé à partir d'un point de vue biologique. Les premiers travaux sur ordinateur avec la représentation du visage a été fait dans les années 1970.

Les premières animations faciales ont été créées par Parke en 1972 [EP72]. En 1974, Parke [EP74] a développé un modèle en trois dimensions du visage paramétré. Depuis 1990, l'animation faciale 3D est en plein essor, avec de nombreux films utilisant ce type de techniques et des réalisations marquantes comme " Toy's Story " de Pixar et plus récemment des exploits de réalisme avec " Bingo " de Chris Landreth. [CY91]

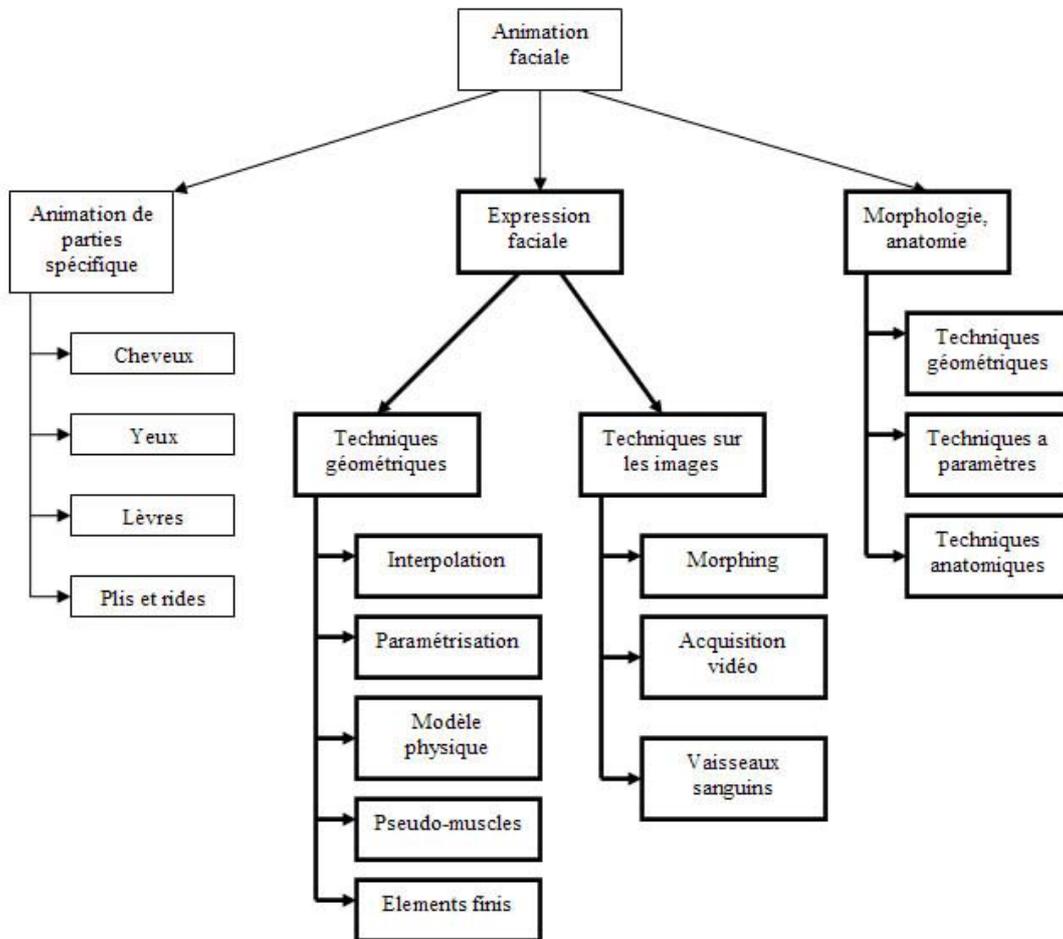
La figure suivante représente l'un des premiers modèles d'animation.



*Figure 1.6 : Premier modèle d'animation faciale. [FP72]*

### IV.1.3. Techniques d'animations faciales :

Il est illusoire de croire à une organisation nette et précise de l'animation faciale. Beaucoup de techniques d'animation faciale en utilisent d'autres partiellement, ou dans un contexte d'utilisation différent. Toutefois, si on parle de techniques de base, on peut arriver à une catégorisation sommaire de ces techniques. Cette catégorisation s'appuie surtout sur le support utilisé pendant l'animation. Ainsi, certaines techniques travaillent sur la géométrie du visage, d'autres travaillent dans l'espace image et texture, d'autres n'animent que certaines parties du visage (lèvres, cheveux,...). Enfin, certaines techniques sont dédiées à l'adaptation morphologique qui permet de changer la morphologie du visage, ou encore d'appliquer des modèles de vieillissement au visage. [SA04]



**Figure I.7 :** Organisation des différentes techniques d'animation faciale. [SA04]

Ce schéma a été construit à partir des différences entre les outils mathématiques, physiques et informatiques mis en œuvre. Il est aussi important de souligner que ces techniques ne sont pas mutuellement exclusives, bien au contraire. Elles sont très souvent combinées sur un même visage. [SA04]

Il existe plusieurs approches en animation faciale. L'approche **par image-clef** correspond aux techniques de base de l'interpolation.

**La paramétrisation** implique plusieurs approches : l'animation basée sur la physique des muscles ou les pseudo-muscles. Dans le domaine des pseudo-muscles, il ya beaucoup d'approches différentes : animation par région faciale, par insertion des muscles ou par utilisation de points de contrôle.

## Chapitre I : Généralités sur l'animation faciale.

---

Le but de toutes ces techniques reste le même :

- ✓ manipuler la surface virtuelle.
- ✓ représenter le visage au cours du temps de façon à produire une séquence animée. [SR01]

### IV.1.3.1. L'interpolation :

Les positions-clés ont été une des premières approches choisies pour animer le visage, et fonctionnent par interpolation linéaire entre différents maillages. Le principe de cette méthode est le suivant : on dispose d'une base de données de visages (représentant chaque état du visage à un temps donné), obtenue par acquisition 3D ou travail d'artistes. Tous ces visages ont la propriété d'avoir exactement la même topologie (on connaît une correspondance point à point entre deux visages de la base de données). Grâce à cette correspondance entre points, on peut aisément calculer une interpolation (linéaire par exemple) entre deux visages. [KMMT91]

Plusieurs fonctions ont déjà été utilisées pour l'animation faciale :

- ✓ Interpolation linéaire : La plus simple, mais aussi la plus courante. [FP72]
- ✓ Interpolation bilinéaire : Généralement utilisée dans le cadre du "morphing". [PHLS98]
- ✓ Interpolation sinusoïdale. [WL93]

### IV.1.3.2. Animation par paramétrisation :

Les techniques d'animation par paramétrisation sont les plus anciennes et permettent non seulement de faire de l'animation mais aussi de la conformation (déformation d'un modèle générique pour qu'il se conforme à la personne désirée). Ici on cherche à découper le visage en régions contrôlées indépendamment par un jeu de paramètres adéquats (par exemple : « déplacer le coin de la lèvre vers le haut »). Les méthodes sont en général purement géométriques et les paramètres sont issus de mesures acquises par capture vidéo. [PF82]

## Chapitre I : Généralités sur l'animation faciale.

---

### IV.1.3.3. Capture de mouvement :

Les méthodes de capture de mouvement consistent à recueillir des données d'animation du visage à partir d'une personne réelle pour les utiliser sur un visage synthétique. Travailler sur des données réelles dans l'animation permet de limiter les problèmes liés à la création manuelle et orientée artiste. La fluidité et la dynamique des déformations sont alors mieux respectées visuellement. Les systèmes de capture reposent sur des bases communes qui consistent à détecter et/ou suivre des points de contrôle ou des contours dans les images d'une vidéo, issues d'une ou plusieurs caméras. Une fois ces données obtenues, il faut les corriger si nécessaire, puis les transformer en données utilisables par un système de paramétrisation (par exemple, déterminer les forces appliquées par les muscles d'un visage contrôlé par simulation à partir des mouvements de points de contrôle capturés). [KVY03]

### IV.1.3.4. Les méthodes basées pseudo-muscles:

Les méthodes basées pseudo-muscles offrent la possibilité de déformer plus facilement un visage qu'en déplaçant les sommets d'un maillage un par un. Le principe est identique dans la plupart des méthodes : une série de maillages clés est créée et des interpolations entre ceux-ci permettent de générer l'animation. Un maillage clé est défini comme étant une modification géométrique d'un maillage initial (la connectivité reste la même). On parle de « pseudo-muscles » car il n'y a pas de modélisation des muscles, contrairement aux méthodes de simulations physiques. On essaie simplement de reproduire visuellement les phénomènes produits par les muscles réels. [NHR90] [VY92]

### IV.1.4. Les avantages d'animation faciale :

- ✓ Permet l'interaction pendant l'animation.
- ✓ Permet le choix de l'animation selon les désirs de l'utilisateur.
- ✓ Permet la réduction des informations à transmettre et à stocker : un clone est ainsi capable de reproduire les expressions d'un interlocuteur distant en ne

## Chapitre I : Généralités sur l'animation faciale.

---

transmettant qu'un nombre restreint de paramètres par rapport à une vidéo.

[SR01]

### IV.1.5. Domaines d'application :

L'animation faciale peut être utilisée dans de nombreux domaines, allant des interfaces basées dialogue pour l'interaction homme-machine, d'un « speaker » virtuel pour les informations, aux loisirs numériques et aux divertissements. On peut considérer qu'il existe deux familles d'applications : les applications hors-ligne où l'utilisateur n'est que simple spectateur, et celles qui travaillent en temps réel où l'interactivité permet d'accroître l'immersion de l'utilisateur. Nous présentons ici quelques domaines d'utilisation majeurs de l'animation faciale en trois dimensions.

[LD11]

#### ➤ Cinéma et télévision :

L'industrie cinématographique a été l'une des premières à utiliser des visages virtuels. Le film Tony de Peltrie a mis en scène un personnage 3D avec une animation faciale expressive en 1985. Les studios Pixar ont également présenté dès le milieu des années 80 des courts métrages qui introduisent des visages animés comme le film Tin Toy (1988). L'animation faciale a également été utilisée dans des films « classiques », soit pour réaliser certaines scènes de cascades comme dans Matrix Reloaded (2002), soit pour insérer un personnage virtuel dans des scènes réelles King-Kong (2005).

#### ➤ Jeux vidéo et mondes virtuels :

Les jeux vidéo et les mondes virtuels ont également un besoin croissant d'animations faciales de qualité. Depuis les premiers jeux vidéo 3D du milieu des années 90 mettant en scène des personnages réalistes, jusqu'à aujourd'hui avec les jeux massivement multi-joueurs et les mondes virtuels, le nombre et la variété de visages et d'animations ont considérablement augmentés. Le réalisme d'un personnage joue un rôle primordial dans l'immersion du joueur ou de l'utilisateur.

## Chapitre I : Généralités sur l'animation faciale.

---

### ➤ **Talking Heads :**

Des visages virtuels peuvent également être utilisés dans le cadre de « têtes parlantes » pour lire l'actualité en streaming sur Internet par exemple. L'animation est alors créée à partir de textes ou de sons et travaille sur la synchronisation des lèvres. Une autre utilisation concerne les dialogues homme-machine : l'avancée des techniques d'intelligence artificielle permet en effet de créer des agents virtuels capables de répondre aux questions d'un utilisateur. En plus de la parole et de l'animation de la bouche qui lui est liée, ils peuvent être dotés d'émotions et d'expressions faciales, permettant de rendre leurs messages et leurs réponses plus humains. Ces agents peuvent être utilisés pour le commerce en ligne, le service après-vente, le support technique, ...ect.

On peut également citer les visioconférences où chaque participant peut être incarné par son avatar. Dans ce cadre et en considérant que les utilisateurs sont novices dans le domaine de l'animation faciale, la création de l'avatar et de son animation doit se faire le plus simplement possible.

- **Le domaine médical :** pour la simulation d'opérations chirurgicales ou des cas cliniques, la chirurgie esthétique et reconstructive.

### V. Conclusion :

L'animation faciale est devenue un des domaines les plus connus et les plus dominants dans les travaux récents en informatique et apparait dans la majorité des nouvelles applications d'interaction homme-machine. Malgré la complexité de création des animations faciales, elles offrent des fonctionnalités et des avantages indispensables.

Dans ce chapitre, nous avons essayé de présenter une description générale des éléments principaux qui sont nécessaire pour l'animation faciale notamment, les caractéristiques de visage, les expressions, la modélisation, nous avons aussi présenté l'animation faciale et ses différentes techniques, que nous détaillerons dans le chapitre suivant.

# Chapitre II: Transfert d'expressions faciales.

<b>I. Introduction .....</b>	<b>19</b>
<b>II. Transfert d'animation faciale .....</b>	<b>19</b>
<b>III. Les RBF pour l'interpolation de surface.....</b>	<b>30</b>
<b>IV. Conclusion .....</b>	<b>33</b>

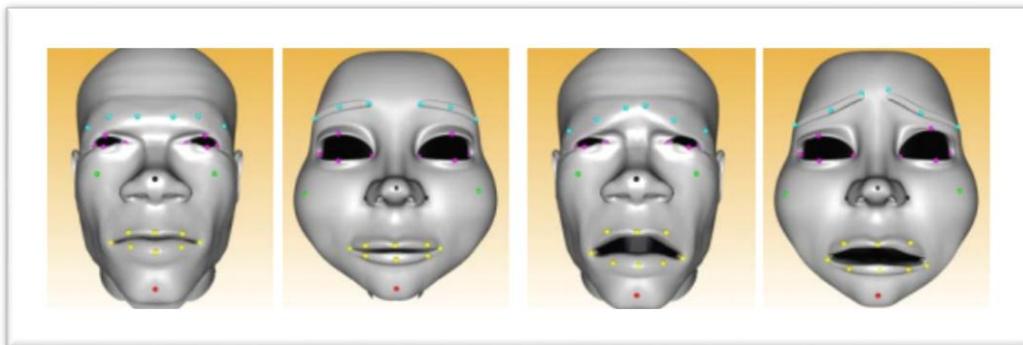
### I. Introduction :

L'étude de comportement de l'être humain à travers des systèmes informatiques et le transférer vers un avatar virtuel créée à l'aide de système de modélisation 3D, est l'un des domaines de l'infographie qui a pris une grande importance dans les dernières années. De nombreuses approches d'animation faciale sont mises en œuvre aujourd'hui, mais le problème est comment obtenir des animations de qualité et réalistes à partir de données réel. Ainsi, des techniques de transfert d'animation ont vu le jour. L'idée principale du transfert d'animation faciale, est d'économiser du temps et des ressources en réutilisant l'animation existante pour un visage donné sur un nouveau visage. Donc, le transfert d'animation faciale est un axe de recherche très vaste qui offre plusieurs avantages dans les différents domaines.

Dans ce chapitre, nous allons définir le transfert d'animation faciale, et présenter quelques techniques existantes.

### II. Transfert d'animation faciale :

Le transfert d'animation faciale est une technique qui sert à transférer les expressions faciales extraites d'un visage humain dit visage source, à un visage virtuel dit visage cible créé par un outil de modélisation 3D. Les formats de visages sources sont plusieurs, notamment les vidéos de visage 2D, les vidéos capturées en temps réel, les caméras 3D, les caméras Kinect, l'utilisation de plusieurs capteurs ...ect, tandis que les modèles cibles sont généralement des maillages statiques des visages 3D.



**Figure II.1 :** *Transfert faciale, à gauche visage source en état neutre, à droite visage cible en état neutre. [LD11]*

## Chapitre II : Transfert d'expressions faciales.

---

### II.1. Techniques de transfert d'animation faciale :

Il existe plusieurs méthodes de transfert d'animation faciale dans la littérature, parmi les quelles nous citons :

#### II.1.1. La modulation (morphing) de 2D vers 3D :

Le morphing d'images [TBSN92] est une technique très populaire pour générer des animations entre deux images. Il y a de nombreuses variantes au morphing, mais toutes sont basées sur un principe de base : l'interpolation de la position et de la couleur des points des images. Le morphing fonctionne comme suit. Etant données deux images  $I_0$  et  $I_1$ , on définit deux applications  $C_{0 \rightarrow 1}$  et  $C_{1 \rightarrow 0}$  qui permettent respectivement de passer d'un point de  $I_0$  à un point de  $I_1$ , et de passer d'un point de  $I_1$  à un point de  $I_0$ . Deux applications sont nécessaires car il n'y a pas forcément de correspondance point à point entre les deux images. Ces deux applications sont définies à partir de points (ou de courbes) d'intérêts qui sont mis en correspondance entre les deux images. On peut de plus enrichir la connaissance de l'image en définissant des "zones actives" sur une image [PHLS98], ce qui permet de faire du morphing localisé en ne tenant compte que de certaines parties des images. Les images intermédiaires s'obtiennent alors en calculant une interpolation de la position et la couleur des points qui sont en correspondance par  $C_{0 \rightarrow 1}$  et  $C_{1 \rightarrow 0}$ . [SA04]

➤ *Avantage :*

De bons résultats visuels.

Faible temps de calcul.

➤ *Inconvénients :*

La mise en correspondance des points d'intérêts doit être faite manuellement pour chaque images-clef.

Il ne prend pas en compte les changements de points de vue.

Une simple interpolation de position et couleur peut donner des résultats irréalistes.

## Chapitre II : Transfert d'expressions faciales.

---

### II.1.2. Expression cloning :

L'approche proposée par Noh et al [JYN01] consiste à produire des animations faciales par réutilisation de données. Des animations faciales de haute qualité sont créées à partir de n'importe quelle méthode (à la main, utilisation de modèle musculaire, etc), l'expression cloning (EC) réutilise les vecteurs de déplacement des points du maillage du modèle source pour appliquer les animations similaires sur un nouveau modèle. Si les animations du modèle source sont expressives et de bonne qualité, les animations du modèle cible devraient aussi disposer des mêmes qualités.

**La première étape** consiste à déterminer la correspondance entre les points de la surface des modèles source et cible. Aucune contrainte n'est imposée quant au nombre de points du maillage et la topologie des modèles utilisés. A partir d'un ensemble de paramètres sélectionnés à la main sur les deux modèles, Noh [JYN01] calcule une correspondance pour tous les points des maillages. La correspondance initiale nécessite la sélection manuelle d'une dizaine de points afin de calibrer les deux modèles, par la suite une recherche automatique (règles heuristiques) des autres points caractéristiques est appliquée. Sans recherche automatique, les expérimentations ont montré qu'une vingtaine de points étaient nécessaires pour obtenir une bonne correspondance.

**La seconde étape** consiste à transférer les vecteurs de déplacement du modèle source vers le modèle cible. L'amplitude et la direction des déformations sont ajustées afin de correspondre à la surface du modèle cible. Utilisant le calcul des correspondances de la première étape, le transfert de déformations est effectué par interpolations linéaires utilisant les coordonnées barycentriques.

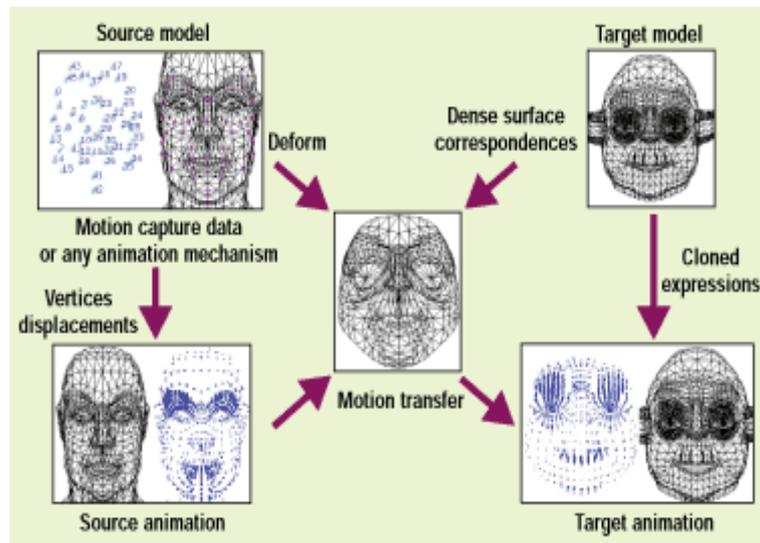


Figure II.2 : Système d'expression cloning de Noh et al. [JYN01].

### II.1.3. Motion cloning :

Le processus de clonage proposé par Pandzic [ISP03]. Les entrées du processus sont les modèles source et cible. Le modèle source est fourni au système en position neutre ainsi que dans des positions contenant différentes déformations que l'on souhaite copier. Le modèle cible existe uniquement en position neutre. Le but est d'obtenir pour le modèle cible, les déformations équivalentes du modèle source. Le processus se déroule de la façon suivante :

**Normalisation du modèle :** Le but de la normalisation est de transformer le modèle dans un nouvel espace 3D, dans lequel tous les modèles disposent des mêmes proportions. Ce transfert a pour conséquence de normaliser les déplacements pour l'ensemble des modèles. Pandzic utilise la paramétrisation MPEG 4 (FAPU et FDP) comme paramétrisation et normalisation de ses modèles. Il est nécessaire de définir préalablement les points caractéristiques sur chaque modèle, et utiliser ces informations pour normaliser les modèles.

**Calcul des déplacements faciaux :** Les déplacements faciaux sont définis comme la différence de position des points du maillage entre l'état neutre et une expression. Ceux-ci sont exprimés par un tableau de vecteurs où chaque vecteur correspond à un point du maillage du modèle. Ces vecteurs sont calculés dans l'espace normalisé (FAPU).

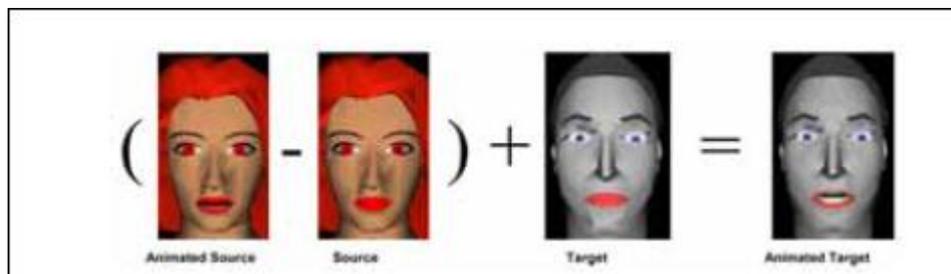
## Chapitre II : Transfert d'expressions faciales.

**Alignement des modèles source et cible :** Pandzic utilise une correspondance spatiale basée sur les points caractéristiques des modèles pour transférer les régions de déformations d'un modèle source sur un modèle cible.

**Copie des déplacements :** Cette étape consiste simplement à transférer les régions d'un modèle sur l'autre en fonction de la normalisation, des régions définies précédemment et de l'alignement des modèles.

**Corrections par anti-aliasing :** Les régions étant différentes entre le modèle source et cible, certains points du maillage n'ont pas les mêmes déplacements sur le modèle cible. Un processus de lissage des déformations sur le modèle cible permet de réduire les cassures dans les régions clonées.

**Des Traitements spéciaux :** Les lèvres disposent de régions de déformation difficiles à cloner. Ceci est dû au fait que les lèvres sont jointes dans la position neutre. Pandzic [ISP03] applique un traitement spécifique par projection des régions dans un espace 2D. Les autres parties du modèle comme les yeux, les dents ou la langue, sont traitées par déplacement ou rotation des parties spécifiques de la structure du modèle.



*Figure II.3:* Vue d'ensemble du processus de clonage d'animations.

## Chapitre II : Transfert d'expressions faciales.

### ❖ *Motion cloning Vs expression cloning:*

Les deux approches présentées ci-dessus sont basées sur le même concept. Bien que la comparaison soit difficile, car les modèles sont différents, Pandzic [ISP03] propose de comparer ces deux approches de transfert :

Motion cloning	Expression cloning
Préserve la compatibilité des animations MPEG 4.	Manque de normalisation.
Traite les déplacements liés aux yeux, les dents et la langue.	Utilise des fonctions radiales pour aligner les points en 3D.
Aligne les points en 2D par simple interpolation.	Ajuste les vecteurs de déplacement localement et corrige leur direction.
Utilise la normalisation des FAPU.	Propose des règles heuristiques pour identifier la correspondance entre deux modèles.

*Tableau II.1 : comparaison entre Motion cloning et expression cloning.*

Les deux méthodes présentées ci-dessus utilisent le même concept de clonage, et fournissent des résultats proches. Elles semblent équivalentes sauf dans le cadre d'une utilisation de la paramétrisation MPEG 4 favorisant les Motion Cloning par conservation de la compatibilité avec la normalisation.

#### **II.1.4. Transfert d'animation faciale 2D ver 3D par déformation Laplacienne :**

La méthode est basée sur la déformation Laplacienne. Ils représentent l'animation faciale par des déplacements d'un ensemble de points caractéristiques. Par la Supposition que les points caractéristiques se déplacent uniquement dans les directions X-Y, ils ont pu cartographier les déplacements des points caractéristiques à partir d'une vidéo 2D à visage 3D. Ces déplacements sont utilisés pour conduire la déformation laplacienne et calculer les positions déformées des points sur le visage

## Chapitre II : Transfert d'expressions faciales.

---

3D. L'approche produit un transfert précis, réaliste et lisse. En outre, la méthode est efficace et pratique, et l'interface est intuitive. La méthode est utile pour une large gamme d'applications, telles que, avatars, animation de personnages pour les films 3D, les jeux informatiques, et la communication en ligne. [HCH10]

### II.1.5. Animation faciale 3D linéaire basée sur des données réelles :

Proposé par Andréa Britto et al. [BRCJ10]. Dans ce travail, les auteurs présentent une animation faciale à l'aide de véritables modèles en trois dimensions de personnes acquis par un scanner 3D. Ils considèrent un ensemble de données composé de modèles affichant différentes expressions faciales, une technique d'interpolation linéaire est utilisée pour réaliser une transition en douceur entre elles.

Une correspondance point à point entre les maillages de chaque expression faciale est nécessaire pour appliquer le processus d'interpolation. Au lieu de se concentrer dans le calcul de la correspondance, quelques points sont sélectionnés et une triangulation est définie. Ceci est fait par le calcul des matrices ainsi que les variations de chaque sommet lors du changement du visage neutre aux autres expressions. La connaissance des matrices obtenues dans ce procédé permet d'animer d'autres modèles donnés uniquement par l'information de la texture et la géométrie du visage neutre.

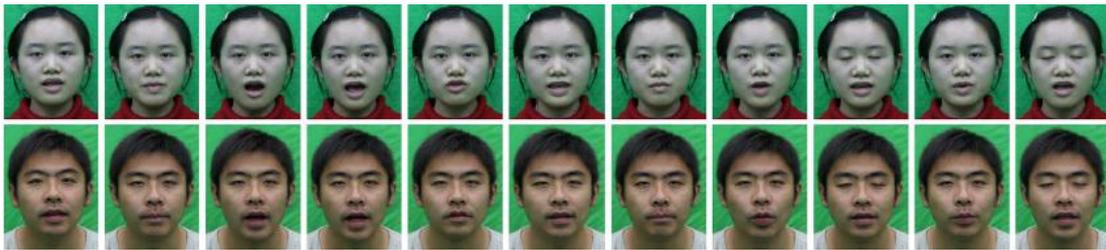
En outre, le système utilise des modèles 3D reconstruits, et devient capable de générer une animation faciale en trois dimensions à partir d'une seule image 2D d'une personne. De plus, comme une extension du système, ils utilisent des modèles artificiels qui contiennent des expressions de visage, qui ne font pas partie des expressions de l'ensemble de données, et leurs déplacements sont appliqués aux modèles réels. Enfin, ils génèrent un visage moyen et augmentent les déplacements entre un sujet de l'ensemble de données et le visage moyen, créant, automatiquement, une caricature du sujet.

### II.1.6. Transfert des expressions faciales guidé par les données :

Cette approche est guidée par les données pour le transfert des expressions faciales en vidéo, à savoir, la synthèse d'une vidéo du visage d'un sujet cible qui imite les expressions de la vidéo source. L'approche tire parti d'une base de données préexistante d'expressions faciales du sujet cible pour atteindre une synthèse réaliste.

## Chapitre II : Transfert d'expressions faciales.

Tout d'abord, pour chaque image de la vidéo d'entrée, une nouvelle métrique de similarité des expressions faciales est proposée pour interroger la base de données des expressions de la personne cible pour sélectionner plusieurs images candidates qui sont les plus similaires à l'entrée. La métrique de similarité est élaborée en utilisant une approche d'apprentissage de métrique pour gérer de manière fiable la différence d'apparence entre les différents sujets. Deuxièmement, les auteurs emploient une approche d'optimisation pour choisir la meilleure image candidate pour chaque trame. Enfin, une méthode de mappage spatio-temporelle d'expression est utilisée pour améliorer encore la séquence synthétisée. Les résultats expérimentaux montrent que le système est capable de générer des vidéos d'expressions faciales de haute qualité qui correspondent bien avec les séquences d'entrée, même lorsque les sujets sources et cibles ont de grande différence. En outre, des évaluations approfondies démontrent la haute précision de la métrique de similarité d'expression apprise et l'efficacité de leur stratégie de récupération. [KDW14]



*Figure II.4: Résultat de transfert des expressions faciales guidé par les données.*

[KDW14]

### II.1.7. Clonage d'expression faciale avec des modèles élastiques et musculaires :

Cette approche est proposée par Yihao et al [YWZ15]. L'algorithme proposé présente d'abord un nouveau modèle élastique pour équilibrer les effets de déformation globaux et locaux, de telle sorte que les impacts de la diversité des traits du visage chez les personnes peuvent être minimisés, et des résultats ainsi plus efficaces de déformation géométrique peuvent être atteints.

## Chapitre II : Transfert d'expressions faciales.

En plus, un modèle basé sur la distribution des muscles est proposé. Ils proposent également une nouvelle métrique basée sur la distance pour sélectionner automatiquement les paramètres optimaux.

L'algorithme utilise trois propositions :

**La 1<sup>ère</sup> proposition :** Un nouveau modèle élastique est proposé pour équilibrer les effets de déformation globaux et locaux tels que les effets des différences de caractéristiques faciales entre les gens peuvent être évités. Ainsi des résultats plus raisonnables de déformation géométrique peuvent être créés.

**La 2<sup>ème</sup> proposition :** un modèle basé sur la distribution des muscles est proposé qui utilise les informations de distribution des muscles du visage humain pour évaluer et renforcer les détails d'éclairage du visage. De cette manière, les effets de différence de visage humain, ainsi que les impacts de filtrage du bruit inadapté peuvent être efficacement réduits.

**La 3<sup>ème</sup> proposition :** Une nouvelle métrique basée sur la distance est conçu pour sélectionner automatiquement les paramètres du modèle élastique. La métrique proposée évalue le résultat de clonage de l'expression faciale en se basant sur la distance des expressions à travers l'expression du visage de la personne cible synthétisée, l'expression du visage de la personne source, et le visage est globalement déformé de la personne cible. Avec la métrique basée distance proposée, les effets globaux et locaux de déformation dans le modèle élastique peuvent être convenablement équilibrés.



**Figure II.5 :** Résultat de transfert par clonage d'expression faciale avec des modèles élastiques et musculaires. [YWZ15]

## Chapitre II : Transfert d'expressions faciales.

---

### II.1.8. Transfert guidé par l'image et rééclairage des expressions faciales :

Cette approche examine le problème de transfert par capture de mouvement du visage sous différentes conditions d'éclairage quand l'information disponible sur le visage à animer est minime, une image d'entrée unique. Étant donné une image d'entrée d'un visage, un ensemble d'images exemples d'éclairage (d'autres visages capturés sous des éclairages différents) et une séquence de mouvements des expressions faciales, les auteurs souhaitent générer des nouvelles séquences d'expression du visage d'entrée sous des conditions d'éclairage dans les images d'exemple d'éclairage. [LY05]

### II.1.9. Régression en forme 3D pour l'animation du visage en temps réel :

Les auteurs de cet article [CYSK13] présentent un système d'animation faciale axé sur la performance basé sur la régression de forme 3D. Dans ce système, les positions 3D des points de repère du visage sont déduites par un régresseur à partir de frames vidéo 2D d'une caméra web ordinaire. A partir de ces points 3D, la pose et les expressions du visage sont récupérées en leur adaptant un modèle de modèle de mélange spécifique. La principale contribution technique de ce travail est l'algorithme de régression 3D qui apprend un modèle précis d'alignement de visage spécifique à l'utilisateur à partir d'un ensemble de données d'apprentissage facilement acquis, généré à partir d'images de l'utilisateur effectuant une séquence de poses et d'expressions faciales prédéfinies. Les expériences montrent que le système peut récupérer avec précision des formes de visage 3D, même pour des mouvements rapides, des visages avec des positions non frontales et des expressions exagérées. En outre, une certaine capacité à traiter des occlusions partielles et des conditions d'éclairage changeantes est démontrée.

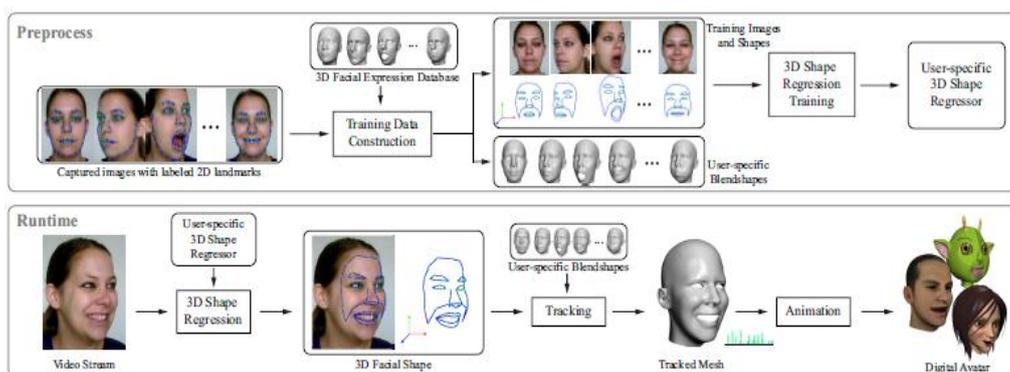
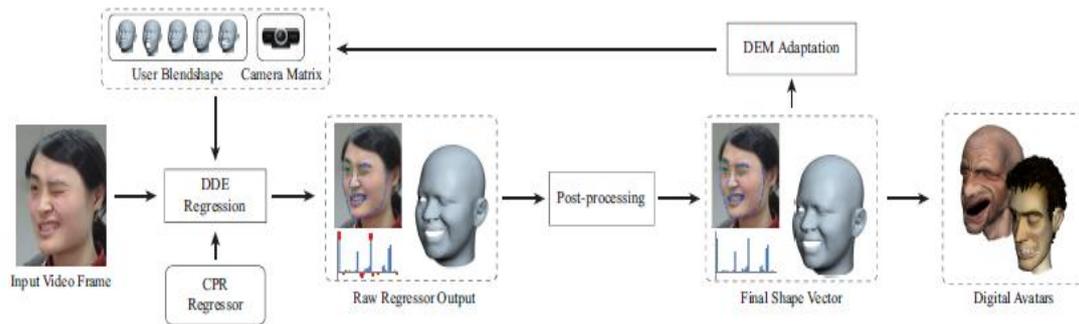


Figure II.6 : Régression en forme 3D pour l'animation du visage en temps réel.

### II.1.10. Régression de l'expression dynamique pour le suivi et l'animation du visage en temps réel :

Des chercheurs [CQK14] proposent une approche entièrement automatique du suivi et de l'animation du visage en temps réel avec une caméra vidéo unique. Cette approche ne nécessite aucun calibrage pour chaque utilisateur. Il apprend un régresseur générique à partir d'ensembles de données publiques d'image, qui peut être appliqué à n'importe quel utilisateur et caméras vidéo arbitraires pour inférer des repères faciaux 2D précis, ainsi que la forme faciale 3D à partir de frame vidéo 2D. Les repères 2D inférés sont ensuite utilisés pour adapter la matrice de caméra et l'identité de l'utilisateur afin de mieux correspondre aux expressions faciales de l'utilisateur actuel. La régression et l'adaptation sont effectuées alternativement. Avec de plus en plus d'expressions faciales observées dans la vidéo, tout le processus converge rapidement avec un suivi précis du visage et de l'animation.

Dans les expériences, cette approche démontre un niveau de robustesse et de précision à la hauteur des techniques de pointe qui exigent une étape d'étalonnage qui prend du temps pour chaque utilisateur, alors qu'elle fonctionne à 28 images par seconde en moyenne. Les auteurs considèrent leur approche comme une solution attrayante pour un large déploiement dans les applications au niveau du consommateur.



*Figure II.7 : Régression de l'expression dynamique pour le suivi et l'animation du visage en temps réel.*

### III. Les RBF pour l'interpolation de surface:

Les fonctions RBF (*Radial Bases Function*), sont largement utilisées en informatique graphique pour l'approximation ou l'interpolation d'images et de surfaces.

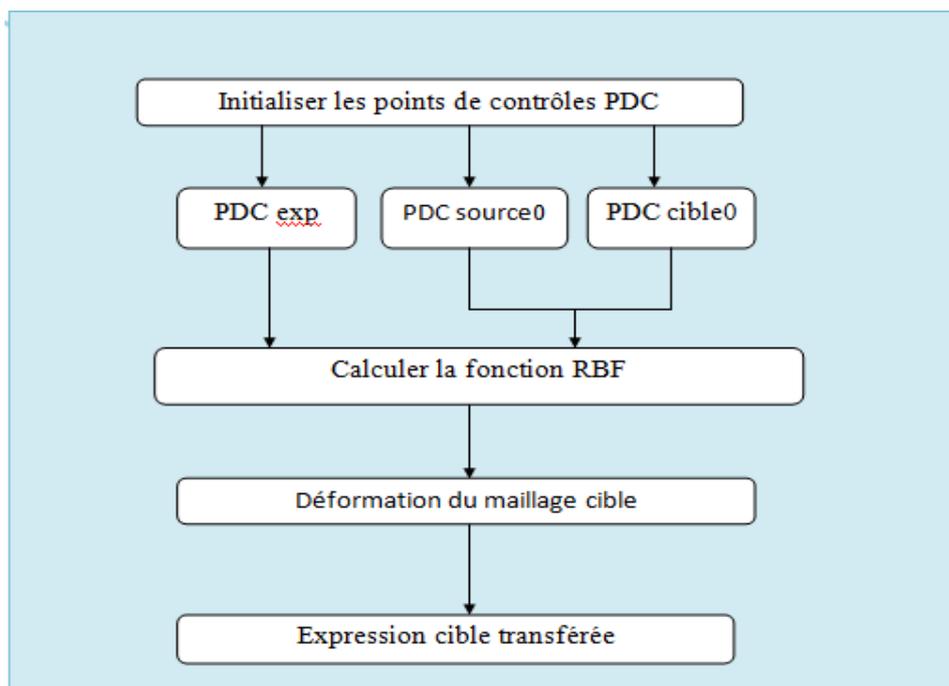
En pratique, il s'agit de calculer une transformation de l'espace caractérisée par les déplacements d'un nombre limité de points que nous appellerons points de contrôle (PdC). Cette transformation peut ensuite être appliquée à chaque point de l'espace et fournit les nouvelles coordonnées de ce point en adéquation avec les déplacements des PdC. Il s'agit en fait d'une interpolation entre l'espace des PdC dans leur position initiale et dans leur position modifiée.

Le calcul des RBF s'effectue en deux étapes. La première consiste à trouver les pondérations associées à chaque point de contrôle (une pour chaque axe), seules les positions des PdC avant et après déplacement sont utilisées. Ensuite la transformation est appliquée à tous les autres points de la surface pour obtenir leurs coordonnées après l'interpolation. [LD07]



*Figure II.8 : Création d'une expression.*

Le schéma suivant résume les étapes de l'interpolation par RBF.



*Figure II.9 : Les étapes de l'interpolation par RBF.*

❖ Les points de contrôle :

Une fois les coordonnées 2D des points de contrôle sources obtenues, les nouvelles interpolations sont calculées par RBF entre l'espace défini par les points repères du visage source et l'espace défini par les points repères du visage cible. En appliquant

## Chapitre II : Transfert d'expressions faciales.

---

cette transformation aux points de contrôle sources, les points de contrôle cibles en 2D sont obtenus.

La correspondance entre deux maillages nous permet de calculer la transformation nécessaire c'est-à-dire l'interpolation à base de RBF qui déforme le maillage cible. Le résultat de cette interpolation correspond à un maillage possédant la topologie du maillage source et une géométrie se rapprochant de celle du maillage cible. Il nous reste maintenant à déformer l'intégralité du maillage cible pour lui donner l'expression désirée. [LD11]

Dutrève [LD11] a proposé une méthode pour rendre le transfert d'animation faciale plus réaliste, il a proposé de calculer la zone d'influence pour chaque point de contrôle.

### IV. Conclusion :

Une animation faciale réaliste nécessite une méthode de transfert efficace et optimale des expressions faciales extraites d'un visage humain vers un objet 3D, pour cela, pas mal des méthodes ont été développées et les recherches continuent dans le but d'arriver à des résultats plus réalistes.

Dans ce chapitre, nous avons présenté plusieurs travaux concernant le transfert d'animation faciale.

# Chapitre III: Conception.

<b>I. Introduction .....</b>	<b>34</b>
<b>II. Objectif de l'application .....</b>	<b>34</b>
<b>III. Les entrées/Sorties .....</b>	<b>35</b>
<b>IV. Architecture de l'application .....</b>	<b>36</b>
<b>V. Les étapes principales de l'application .....</b>	<b>36</b>
<b>VI. Conclusion .....</b>	<b>47</b>

### I. Introduction :

Le transfert est l'une des techniques d'animation faciale qui sert à transférer les expressions faciales extraites d'un visage d'un être humain à un visage 3D, cette technique est utilisée pour la réalisation des films et des jeux tridimensionnelle et actuellement utilisée dans le domaine de psychologie dans le but de l'étude de comportement de l'être humain.

L'objectif de notre projet consiste à concevoir et réaliser une application qui permet de transférer des expressions faciales d'un visage réel (dit source) à un visage ou un objet virtuel 3D (dit cible).

Dans ce chapitre, nous présentons la conception de notre application, qui consiste à mettre au point les concepts de détection de visage, de points caractéristiques, et de transfert des expressions faciales, et l'utilisation de deux algorithmes : des fonctions à base radiales, les transformations géométriques.

### II. Objectif de l'application :

L'objectif de notre application est de concevoir et de réaliser le transfert d'expressions faciales à partir d'un ensemble de points caractéristiques du visage 2D à un objet 3D qui peut être un autre visage 3D ou un objet 3D quelconque.

Notre travail se base sur les points caractéristiques, cette technique a été utilisée par quelques chercheurs dans le domaine d'animation faciale, tel que [JYN01], [LD11]. Ce dernier, il a utilisé les modèles à base de RBF permettent de calculer une approximation qui permet de situer un point de l'espace du visagesource dans l'espace du visage cible. Chacun des espaces est défini par les pointsde contrôle qui représentent les points caractéristiques liés à l'animation faciale.Pour transférer une expression, ila travaillé sur la position des points de contrôle, le but était de transférer leurs déplacements du visage source au visage cible [LD11].

Notre application passe par deux principales étapes :

La première étape est l'extraction de points caractéristique du premier visage, qui est une étape clé pour notre application.

## Chapitre III : Conception.

La deuxième étape est le transfert des points caractéristiques extraits du visage source, vers un visage cible 3D.

Nous avons utilisé deux méthodes pour la phase de transfert des expressions :

- Les fonctions à bases radiales.
- Les transformations géométriques.

### III. Les entrées/Sorties :

Les entrées de notre application sont un visage réel en état neutre et avec expression et un visage 3D en état neutre.

Le premier visage (neutre et expressif) est utilisé pour la détection du visage et l'extraction de ses points caractéristiques.

L'objet est utilisé pour le transfert des expressions extraites du visage source.

Les deux schémas suivants résument les entrées et les sorties de notre application avec les deux méthodes utilisées :

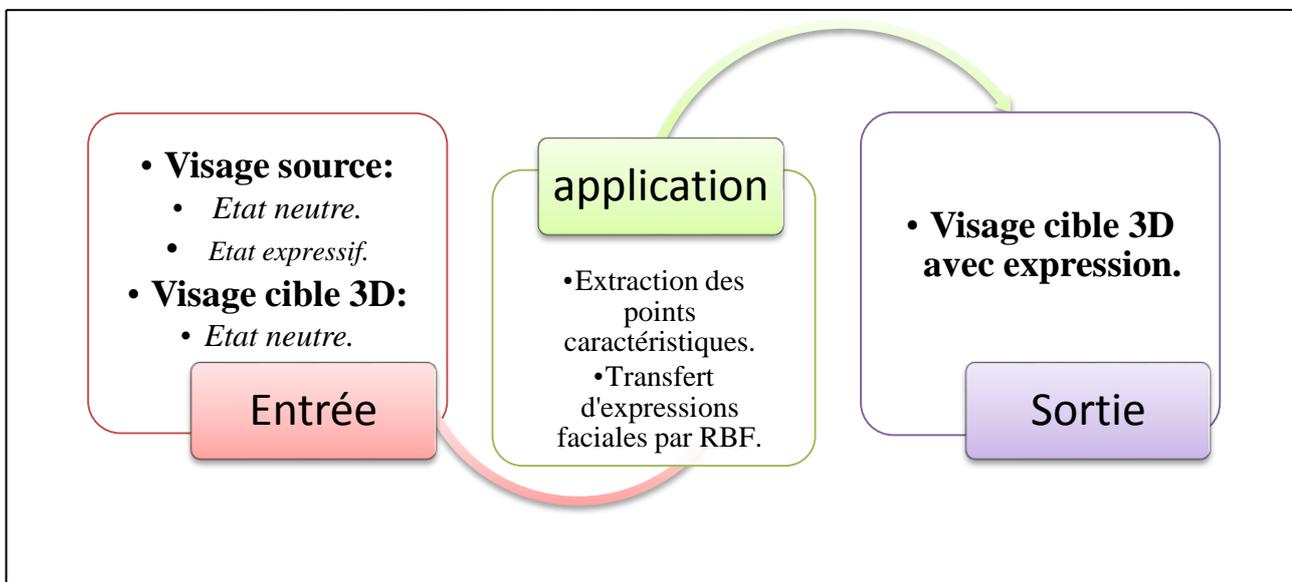
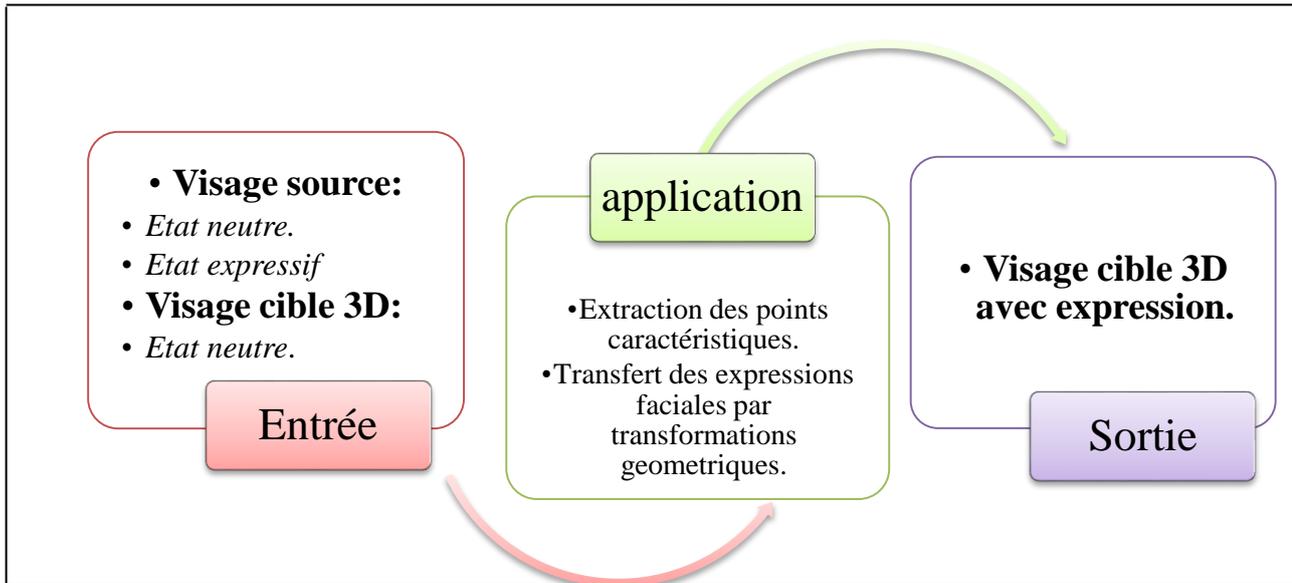


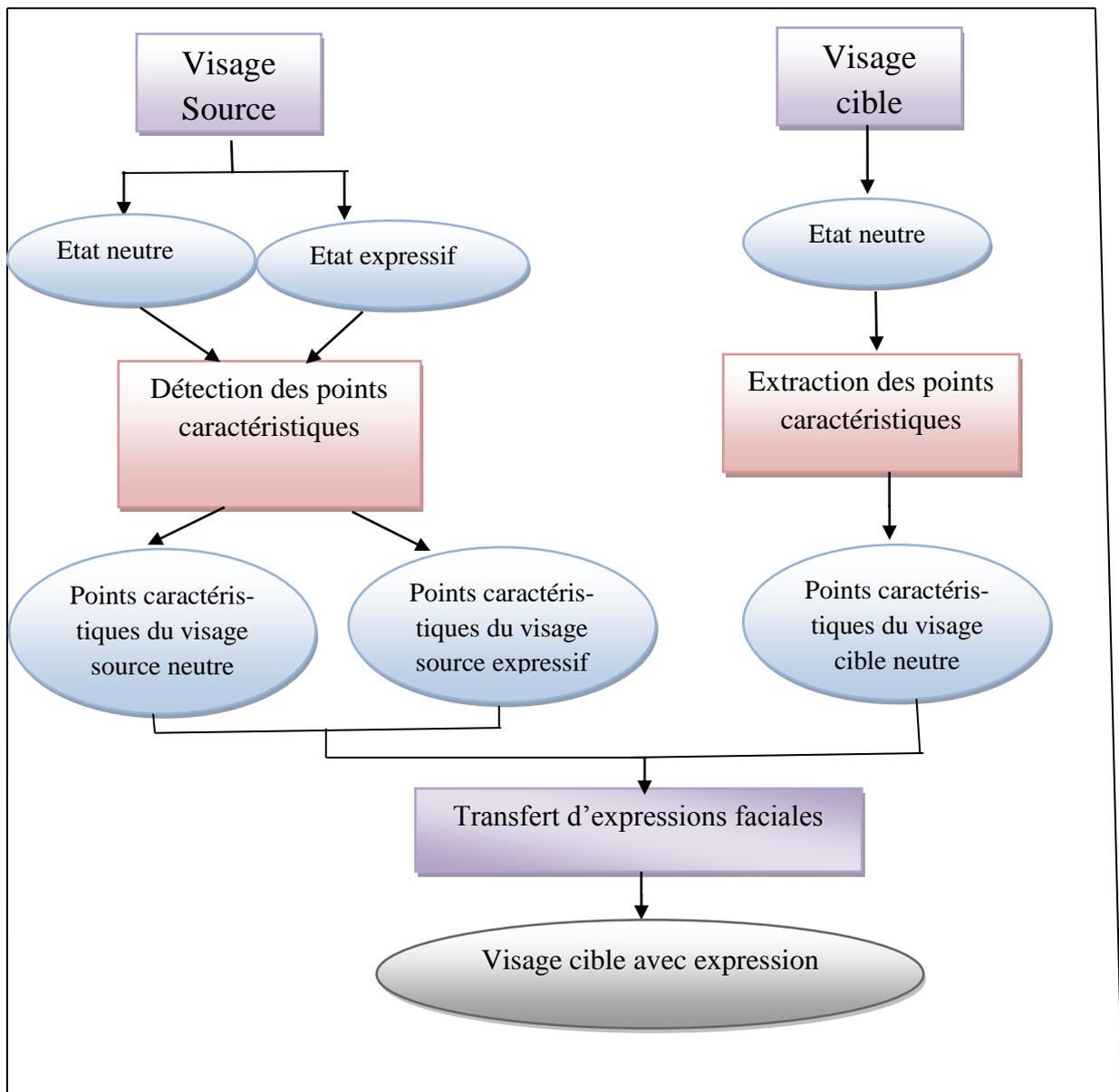
Figure III.1 : Les entrées et les sorties de l'application avec les RBF.



*Figure III.2: Les entrées et les sorties de l'application avec la méthode de Transformation Géométrique.*

### IV. Architecture de l'application :

L'architecture globale de notre application est résumée par le schéma suivant :



*Figure III.3 : L'architecture globale de l'application.*

### V. Les étapes principales de l'application :

Comme le montre la figure III.3, notre application passe par plusieurs étapes, que nous expliquons dans ce qui suit :

## Chapitre III : Conception.

### V.1. Détection des points de contrôle de visage :

L'extraction des composants du visage, est une étape nécessaire après la détection du visage pour extraire les parties importantes et porteuses d'information du visage qui sont : les sourcils, les yeux, le nez et la bouche.

Ensuite, les points de contrôle peuvent être détectés dans chaque partie du visage. Le nombre de ces points influe sur les résultats ; si ce nombre est élevé, il y aura plus de calcul, donc le temps d'exécution sera long. D'autre part, si nous nous utilisons peu de points, cela affectera la qualité des résultats.

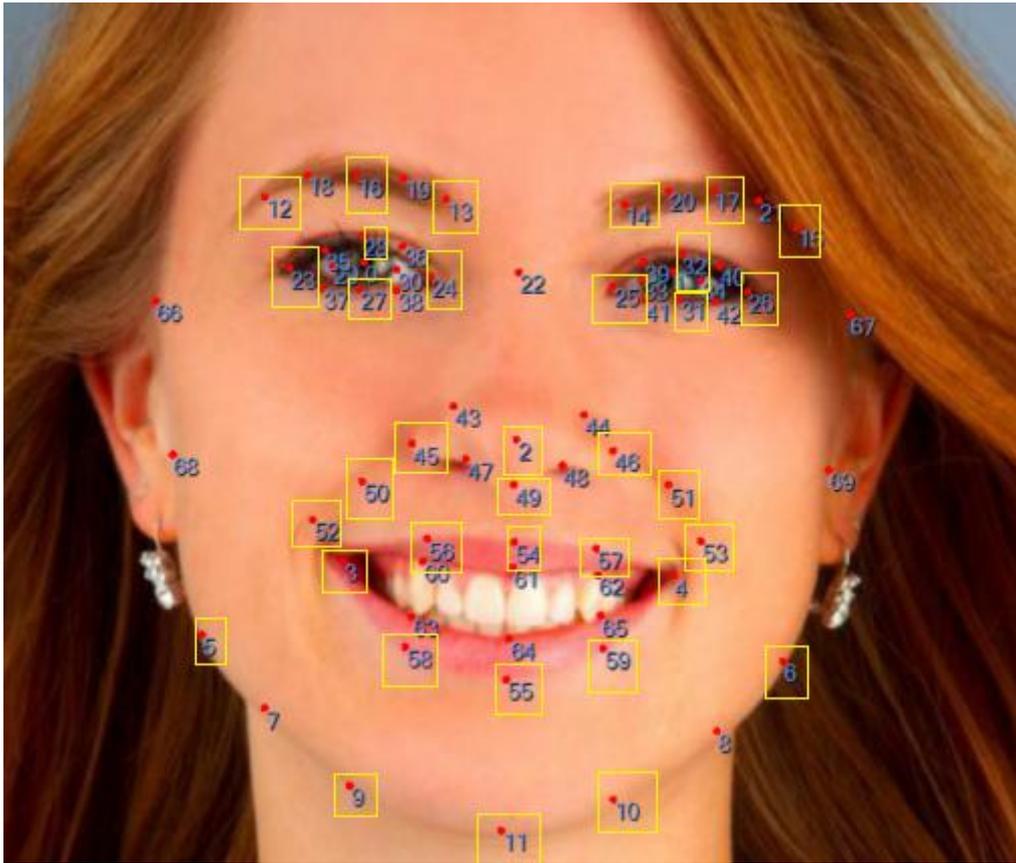
Parmi ceux qui ont utilisé cette technique, *Ludovic Dutrève* [LD11] a utilisé pour la réalisation de son travail 86 points de contrôle. Par contre, *Hui Zhao* [HCH10] a utilisé 16 points.

Dans notre travail, nous avons fait un compromis et nous avons utilisés 36 points répartis dans les principales parties du visage, comme décrit dans le tableau III.1 et la figure III.4.

Pour le visage cible, le même nombre de points est détecté manuellement.

Position des points	Gauche	Droite
<i>Sourcil</i>	12 - 16 - 13	14 - 17 - 15
<i>Yeux</i>	23 - 28 - 24 - 27	25 - 32 - 26 - 31
<i>Nez</i>	45 - 2 - 50	49 - 46 - 51 - 52 - 53
<i>Bouche</i>	3 - 4 - 56 - 54 - 57 - 58 - 55 - 59	
<i>Menton</i>	5 - 9 - 11 - 10 - 6	

*Tableau III.1 : La liste des points caractéristiques utilisés.*



*Figure III.4 : Les positions des points caractéristiques utilisés.*

### V.2. Le transfert d'expressions faciales :

Le processus de transfert permet de calculer une approximation qui permet de situer un point de l'espace de visage source dans l'espace du visage cible. [LD07]

Pour transférer une expression, nous allons travailler sur la position des points de contrôle, afin de transférer leurs déplacements du visage source au visage cible.

Pour atteindre ce dernier but, nous avons utilisée deux méthodes pour réaliser ce transfert, la première se base sur les fonctions à bases radiales et la deuxième se base sur les transformations géométriques.

#### V.2.1. Transfert par les fonctions à base radial (RBF):

La première méthode utilisée se base sur l'interpolation par les fonctions à base radiale, où nous calculons deux RBF, une pour chaque axe  $\vec{x}$  et  $\vec{y}$

Pour la plupart des expressions faciales, les mouvements de la caractéristique 3D dans la direction Z sont beaucoup plus petits par rapport aux mouvements dans les directions X et Y.

## Chapitre III : Conception.

Par conséquent, nous supposons que les points caractéristiques 3D ne se déplacent que dans le plan XY et nous négligeons la troisième dimension. [HCH10]

On considère  $\vec{S}$  l'ensemble des sommets du maillage,  $\vec{s}_i$  et  $\vec{t}_i$  correspondent respectivement aux PdC numéros  $i$  avant et après déplacement.  $\vec{a} \in \vec{S}$  correspond à un sommet du maillage.

Cette méthode passe par deux phases :

### a. Phase d'initialisation (apprentissage) :

Cette phase n'est réalisée qu'une seule fois pour les deux visages, elle se passe par les étapes suivantes :

1. L'extraction des points de contrôle du visage source (2D).
2. L'extraction des points de contrôle du visage cible (3D).
3. Le calcul de la fonction  $h$  ( $\|\vec{s}_j - \vec{s}_i\|$ ):

$$h(\|\vec{s}_j - \vec{s}_i\|) = \sqrt{(\|\vec{s}_j - \vec{s}_i\|)^2 + sc_j^2}$$

Avec :

- $\vec{s}_j$ : l'ensemble des points de contrôle de visage source.
- $sc_j = \min_{j \neq i} (\|\vec{s}_j, \vec{s}_i\|)$ ,  $j \neq i$ . La distance minimale entre  $\vec{s}_j$  et les autres points de contrôle.
- $N$  correspond au nombre de points de contrôle et  $w_i$  les poids à calculer.

4. Le calcul des  $W_i$  :

$H$  est une matrice telle que :

$$H_{ij} = h(\|\vec{s}_j - \vec{s}_i\|)$$

Le poids  $W_i$  correspond à résoudre l'équation suivante :

$$\vec{w} = H^{-1}\vec{t}$$

## Chapitre III : Conception.

Avec :

- $\vec{t}$  : l'ensemble des points de contrôle du visage cible.

Un terme de régularisation  $\gamma$  est ajouté, il sert à diminuer l'importance du bruit éventuel dans les calculs. L'équation à résoudre devient donc comme suit :

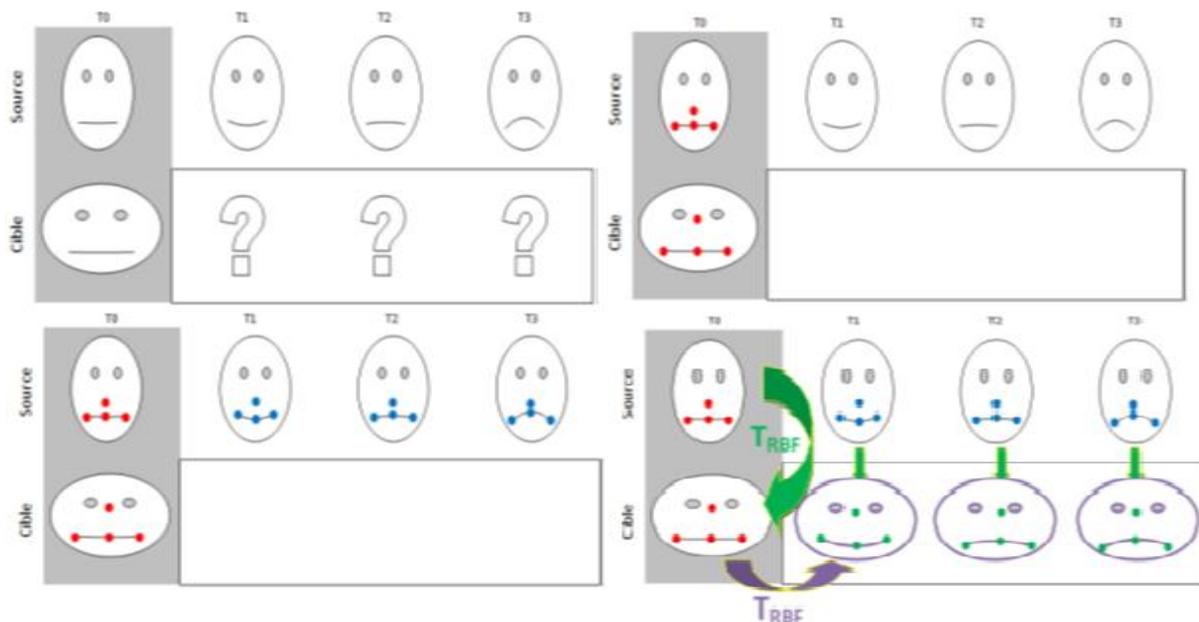
$$\vec{w} = (H + \gamma I)^{-1} \vec{t}$$

Donc, pour calculer  $\vec{w}$ , il suffit d'inverser la matrice  $(H + \gamma I)$ .

### *b. Phase de transfert :*

Cette phase consiste à appliquer le déplacement des points dans le visage cible en calculant les nouvelles coordonnées. Pour cela, la transformation est appliquée à chaque point  $\vec{a}$  de la surface pour obtenir leurs coordonnées après l'interpolation. Donc, il suffit d'appliquer la fonction déjà calculée dans la phase d'apprentissage.

$$F(\vec{a}) = \sum_{i=1}^N w_i \cdot h(\|\vec{a} - \vec{s}_i\|)$$



*Figure III.5 : schématisation des étapes du transfert facial.*

## Chapitre III : Conception.

### V.2.2. Transfert par transformations géométriques (TG) :

Cette méthode se base sur le calcul des déplacements des points entre l'état neutre l'instant  $t_0$  et avec expression à l'instant  $t_i$ .

L'idée en général de cette méthode consiste à calculer une translation avec un vecteur  $(T_x, T_y)$  et une rotation avec un angle  $\alpha$ .

#### a. La translation :

En géométrie, la translation est une transformation géométrique qui décrit un glissement, sa notion est fortement liée à celle de vecteur, c'est pour ça, qu'elle est définie par un vecteur  $\mathbf{V} (v_x, v_y)$  qui représente le repositionnement d'un point  $\mathbf{P} (x, y)$  à un nouveau point  $\mathbf{P}' (x+v_x, y+v_y)$ .

Cette transformation peut être appliquée dans un espace géométrique 2D ou 3D.

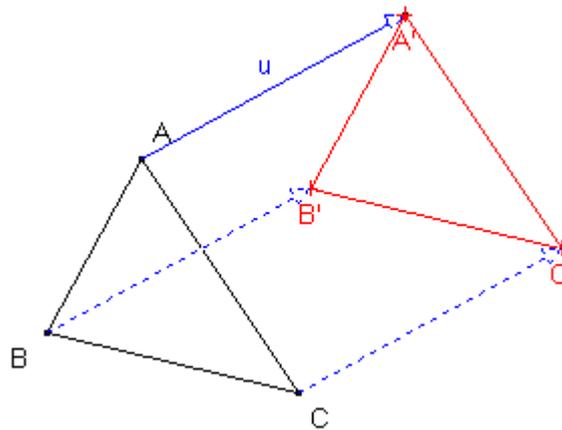


Figure III.9 : Exemple d'une translation.

$P'(x', y')$  est l'image du point  $P (x, y)$  par translation avec un vecteur  $\mathbf{V} (v_x, v_y)$  dans l'espace 2D.

➤ Translation (2D): 
$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix}.$$

## Chapitre III : Conception.

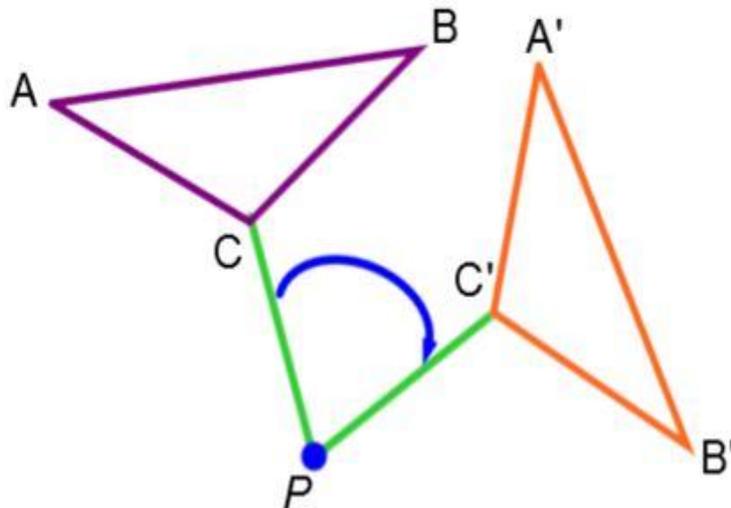
$P'(x', y', z')$  est l'image du point  $P(x, y)$  par translation avec un vecteur  $V (v_x, v_y, v_z)$  dans l'espace 3D.

➤ Translation (3D): 
$$\begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} V_x \\ V_y \\ V_z \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix}$$

### b. La rotation :

Après la translation qui représente un déplacement vertical ou horizontal, nous avons la rotation qui est une transformation géométrique qui consiste à un déplacement d'un point autour d'un centre  $C$  et avec un angle de rotation  $\alpha$  autour d'un point ou bien axe.

Cette transformation, peut être appliquée dans un espace 2D ou 3D.



*Figure III.10 : Exemple d'une rotation autour d'un point.*

$P'(x', y')$  est l'image du point  $P(x, y)$  par rotation autour d'un point dans l'espace 2D.

➤ Rotation (2D): 
$$\begin{pmatrix} X \\ Y \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha \\ \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X' \\ Y' \end{pmatrix}.$$

## Chapitre III : Conception.

$P'(x', y')$  est l'image du point  $P(x, y)$  par rotation autour d'un axe  $(x, y, z)$  dans l'espace 3D.

➤ Rotation (3D) :

$$\checkmark \text{ Par rapport à « x » : } \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & \cos \alpha & -\sin \alpha \\ 0 & \sin \alpha & \cos \alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix}$$

$$\checkmark \text{ Par rapport à « y » : } \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \cos \alpha & 0 & \sin \alpha \\ 0 & 1 & 0 \\ -\sin \alpha & 0 & \cos \alpha \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix}$$

$$\checkmark \text{ Par rapport à « z » : } \begin{pmatrix} X \\ Y \\ Z \end{pmatrix} * \begin{pmatrix} \cos \alpha & -\sin \alpha & 0 \\ \sin \alpha & \cos \alpha & 0 \\ 0 & 0 & 1 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} X' \\ Y' \\ Z' \end{pmatrix}$$

### V.2.3. La zone d'influence :

Pour rendre le transfert réaliste, nous avons calculés les zones d'influence que leur définition nécessite d'utiliser une métrique. Il existe plusieurs approches qui prennent en compte la diversité de la topologie d'un maillage. Par exemple, la simple distance euclidienne entre les points permet de définir une région contenue dans une sphère de rayon  $r$ . Nous pouvons étendre cette approche à différentes formes géométriques comme les ellipses ou les rectangles, pour définir l'influence de certains points caractéristiques. L'ensemble des points de contrôle influençant un point ordinaire du maillage, et les facteurs correspondants entre le point ordinaire et ses points de contrôle, sont ainsi estimés à partir des informations suivantes [LD11] :

1. La prise en compte des distances entre les points de contrôle.
2. Les distances entre le point ordinaire du maillage et ses points de contrôle les plus proches.
3. L'influence relative des points de contrôle autour d'un point donné.

## Chapitre III : Conception.

Cette étape consiste à :

- 1) Calculer l'influence de  $P_i$  (l'ensemble des points de contrôle) sur  $V_i$  (l'ensemble des points du zone qui entoure un point de contrôle) :

$$A_{ij} = \text{Max} \left( 0.1 - \left( \frac{dx^2}{rx^2} + \frac{dy^2}{ry^2} + \frac{dz^2}{rz^2} \right) \right)$$

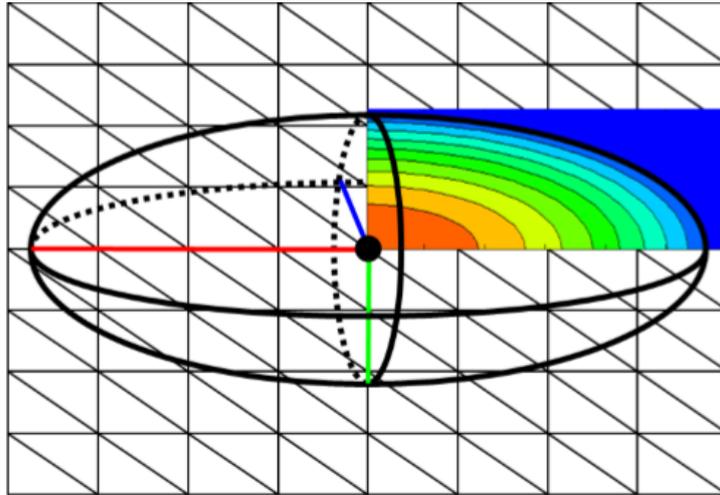
- $A_{ij} > 1$ , si le point  $V_i$  tend être à la même position que  $P_i$ .
- $A_{ij} = 0$ , si le point  $V_i$  est trop éloigné de  $P_i$ .

- 2) Calculer les  $W_{ij}$  :

$$W_{ij} = \frac{a_{ij}}{\sum_{k=1}^n a_{ik}}$$

Voici quelques exemples de calcul de paramètres utilisés :

- points situés au centre des sourcils gauche et droit :
  - ✓  $r_x$  = distance entre les deux extrémités d'un même sourcil /2.
  - ✓  $r_y = r_x$ .
  - ✓  $r_z = r_x$ .
- points situés au centre de la paupière supérieure des yeux :
  - ✓  $r_x$  = largeur de l'œil /1.5.
  - ✓  $r_y$  = distance entre les paupières inférieure et supérieure de l'œil.
  - ✓  $r_z = r_x$ .
- point situé au centre de la lèvre supérieure :
  - ✓  $r_x$  = largeur de la bouche /3.
  - ✓  $r_y$  = distance du point avec le nez  $\times 0.8$ .
  - ✓  $r_z = r_x$ .
- point situé au centre de la lèvre inférieure :
  - ✓  $r_x$  = largeur de la bouche / 2.5.
  - ✓  $r_y$  = distance du point avec le menton / 1.5f.
  - ✓  $r_z = r_x$ .
- $d$  = la distance entre un point de contrôle  $P_i$  et un point quelconque de sa zone d'influence. **[LD11]**



*Figure III.8 : Exemple d'une zone d'influence.*

### VI. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté la conception de notre projet, qui a pour but de mettre en place une application réalisant le transfert d'expressions faciales d'un visage humain vers un visage 3D. Pour transférer ces expressions ; nous avons utilisé une première méthode ; souvent utilisée pour ce but, qui est l'interpolation par RBF. Ensuite, nous avons proposé d'utiliser les transformations géométriques.

Nous nous sommes basées sur des concepts mathématiques simples et clairs dans le but d'atteindre notre objectif : la réalisation d'un transfert d'expression.

# Chapitre IV: Réalisation.

<b>I. Introduction .....</b>	<b>48</b>
<b>II. Réalisation .....</b>	<b>48</b>
<b>III. Résultats de tests .....</b>	<b>53</b>
<b>IV. Discussion des résultats .....</b>	<b>57</b>
<b>V. Conclusion.....</b>	<b>58</b>

### I. Introduction :

Notre projet consiste à concevoir et réaliser une application qui permet de transférer les expressions faciales d'un visage source à un autre cible, ce transfert est basé sur les points caractéristiques du visage.

Dans ce chapitre, nous poursuivrons notre étude par la présentation de quelque aspect d'implémentation, et quelques résultats.

### II. Réalisation :

#### II.1. Environnement de développement :

##### II.1.1. Environnement matériel :

Ordinateur utilisé :

- Type : PC/ACER E2.
- Processeur: AMD E2-1800 APU with Radeon™ HD Graphics 1.70 GHz.
- RAM : une barrette de 2 ,00 GO.
- Disque dure : 500 GO

##### II.1.2. Environnement logiciel :

Notre application a été implémentée avec le langage de programmation Java sous eclipse Luna.

Pour la détection des points de contrôle dans les visages 2D, nous avons utilisé la bibliothèque Luxand FaceSDK, pour afficher les visages 3D et sélectionner leurs points caractéristiques, nous avons utilisé l'outil JavaView.



*Figure IV.1 : Le démarrage de l'eclipse.*

### II.1.2.1 Présentation Java :

Java est un langage de programmation, et une plate-forme informatique qui a été créée par Sun Microsystems en 1995. Beaucoup d'applications et de sites Web ne fonctionnent pas si Java n'est pas installé et leur nombre ne cesse de croître chaque jour. Java est rapide, sécurisé et fiable. Des ordinateurs portables aux centres de données, des consoles de jeux aux superordinateurs scientifiques, des téléphones portables à Internet, la technologie Java est présente sur tous les fronts. [W01]

On peut faire de nombreux types de programmes avec Java :

- ✓ Des applications, sous forme de fenêtre ou de console.
- ✓ Des applets, qui sont des programmes Java incorporés à des pages Web.
- ✓ Des applications pour appareils mobiles, comme les Smartphones, avec J2ME (Java 2 Micro Edition).
- ✓ Des sites web dynamiques, avec J2EE (Java 2 Enterprise Edition, maintenant JEE), et bien d'autres : JMF (Java Media Framework), J3D pour la 3D.

### II.1.2.2.Face SDK :

Pour l'extraction des points caractéristiques du visage source, nous avons utilisé la bibliothèque prédéfinis Face SDK.

C'est une bibliothèque de reconnaissance faciale qui permet aux développeurs Microsoft Visual C ++, C #, Objective C, VB, Java et Delphi de créer des applications 32 bits et 64 bits pour les applications Web, Windows, Linux, M cOS, iOS et Android avec reconnaissance de visage et fonctionnalité d'identification biométrique face.

Face SDK est utilisé dans des centaines d'applications pour identifier et authentifier les utilisateurs avec des caméras Web, rechercher des faces correspondantes dans des bases de données photo, détecter automatiquement les fonctions faciales dans les éditeurs graphiques et détecter les visages sur les images fixes et les flux vidéo en temps réel.

Face SDK a été utilisé pour construire des systèmes sécurisés d'identification, de surveillance, de temps et de contrôle de présence. [W02]



*Figure IV.2 : Exemple d'extraction des points caractéristiques d'un visage en utilisant Face SDK.*

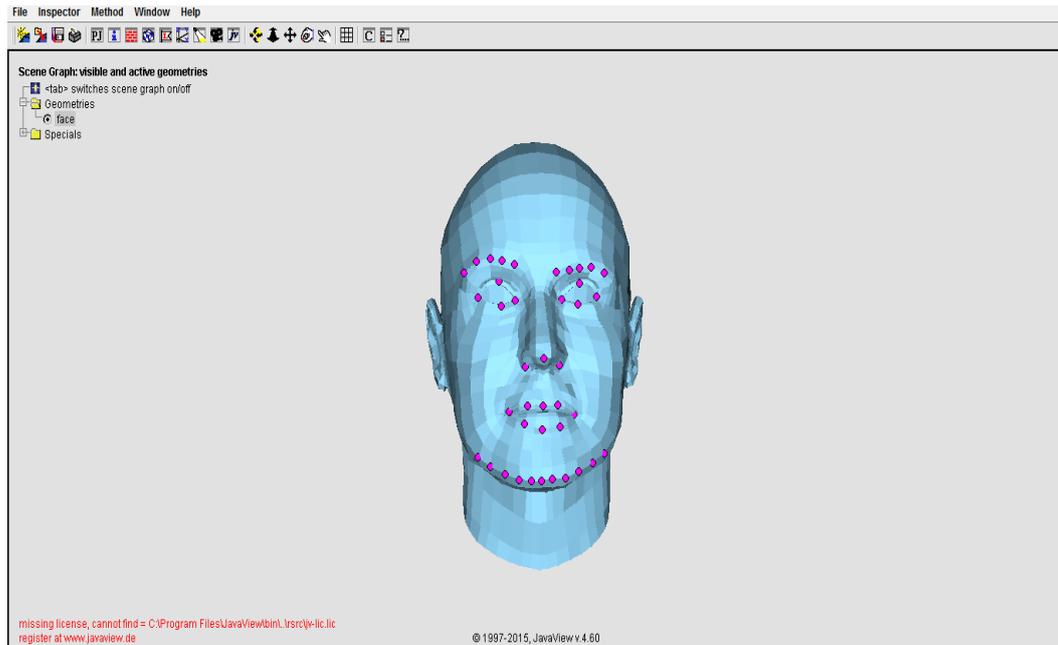
### II.1.2.3. JavaView :

JavaView est un logiciel de visualisation mathématique. Il permet l'affichage des géométries 3D dans un document HTML sur Internet. JavaView gère également les applications sur les ordinateurs locaux à partir d'un invité de commande Unix ou DOS. L'API ouverte de JavaView permet une intégration en douceur de la visionneuse 3D. JavaView crée ses modèles en utilisant des polygones à trois et quatre côtés pour faire un maillage, il peut enregistrer le modèle comme un fichier Wavfront (.obj) ou bien (.off).

Nous avons utilisé JavaView pour la sélection des points de contrôle de l'objet virtuel. [W03]



*Figure IV.3 : Démarrage de JavaView.*



*Figure IV.4 : Extraction de points caractéristiques manuellement avec JavaView.*

### **II.2. Description de l'application :**

Dans cette partie, nous allons présenter quelques interfaces importantes et principales dans notre application.

#### **II.2.1. Les interfaces :**

L'interface principale de notre application est représentée dans la figure IV.5, cette interface nous permet de choisir la méthode de transfert d'expressions, soit le transfert par RBF, soit le transfert par les transformations géométriques.

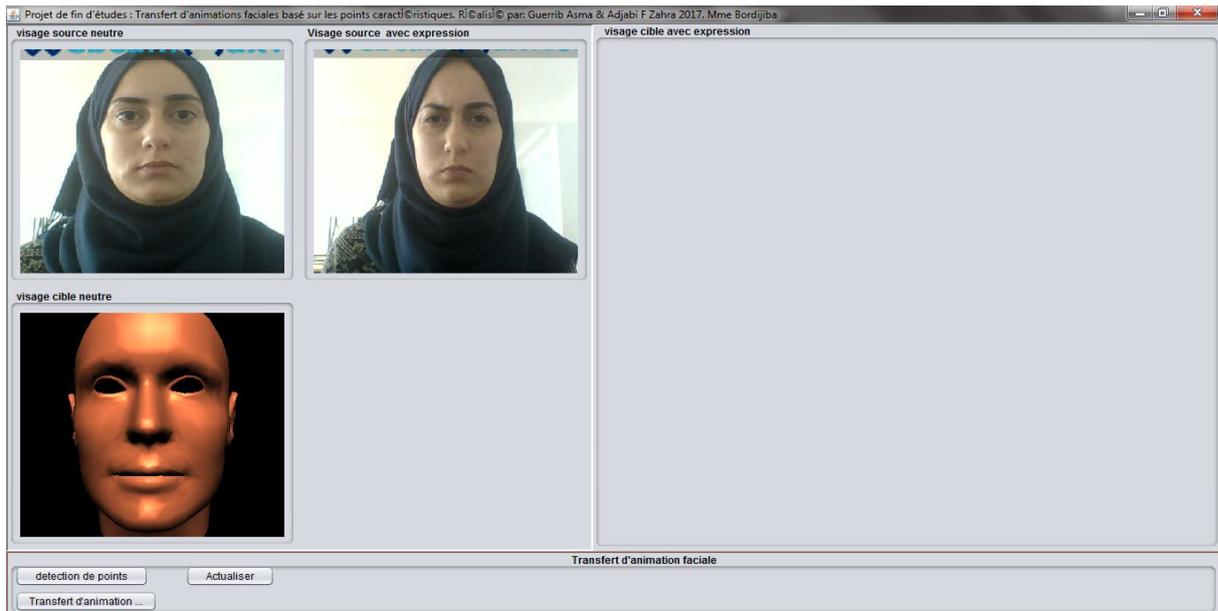


*Figure IV.5 : Interface principale.*

Après le choix de la méthode du transfert, une deuxième interface s'affiche comme le montre la figure IV.6, elle nous permet de :

1. Afficher les deux images source (neutre et expressive) et le visage cible (neutre).
2. Détecter des points caractéristiques du visage source.
3. Appliquer le transfert d'expression.

## Chapitre IV : Réalisation.

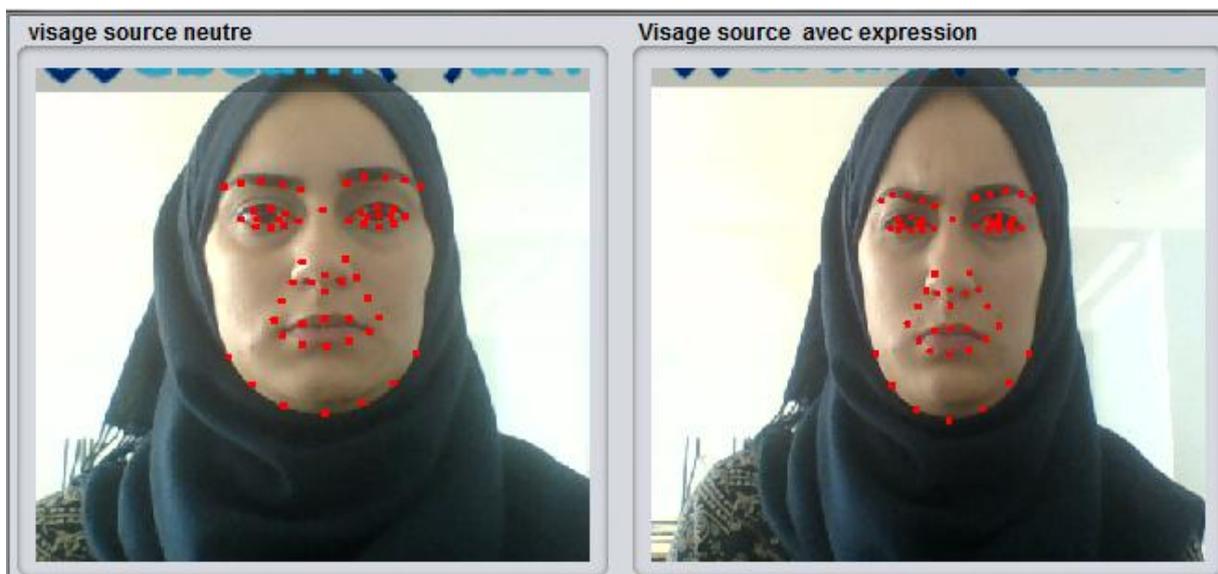


*Figure IV.6 : Interface secondaire après le choix de la méthode.*

### III. Résultats de tests :

#### III.1. Détection de points caractéristiques :

Pour la détection de points caractéristiques, nous avons utilisé la bibliothèque Face SDK.

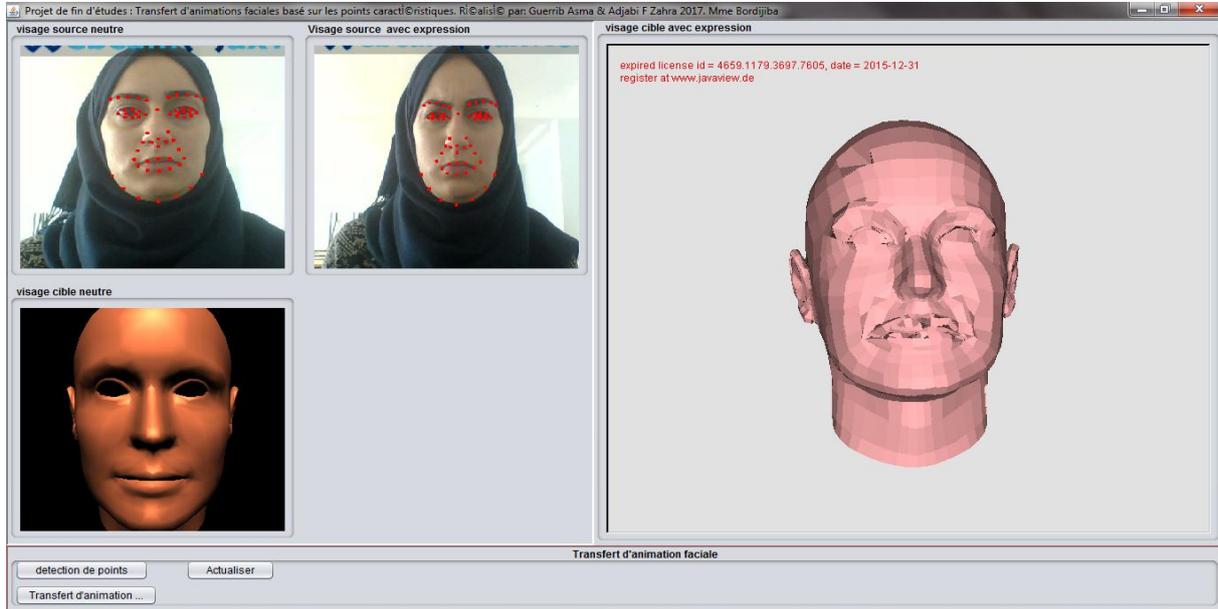


*Figure IV.7 : Détection de points caractéristiques avec Face SDK.*

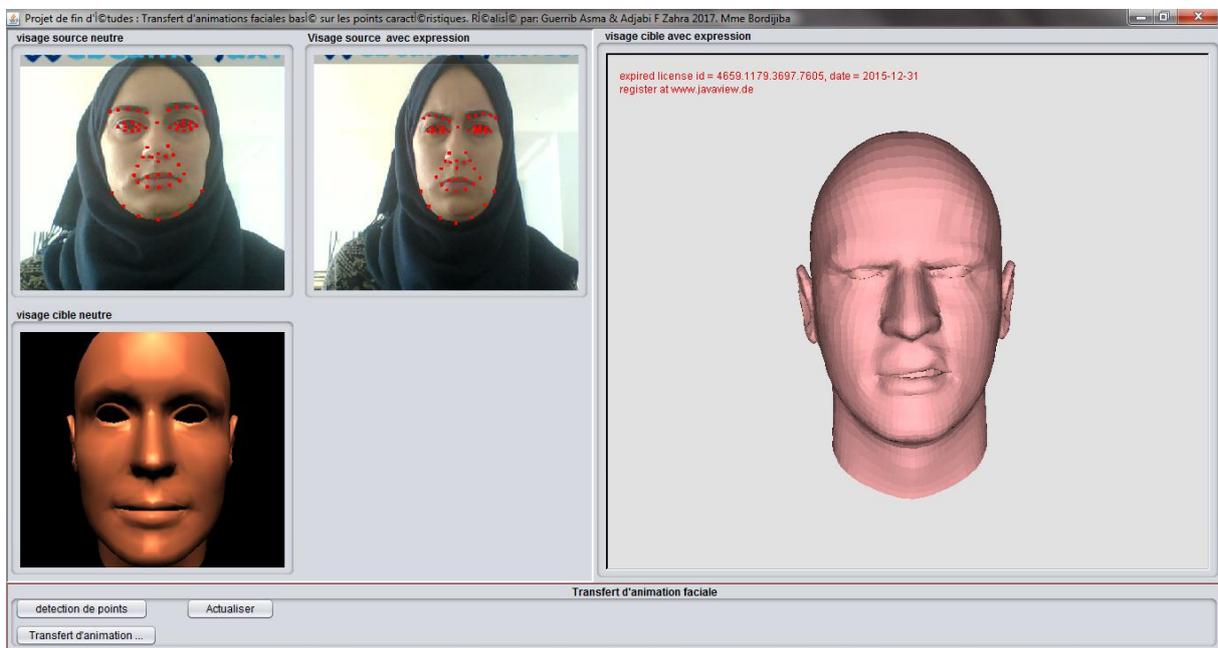
## Chapitre IV : Réalisation.

### III.2. Transfert d'expression faciale :

Pour le transfert d'expression faciale, nous avons utilisé deux méthodes, la première est le transfert par RBF, et la deuxième est le transfert par transformations géométrique, les résultats sont représentés dans les figures suivantes :

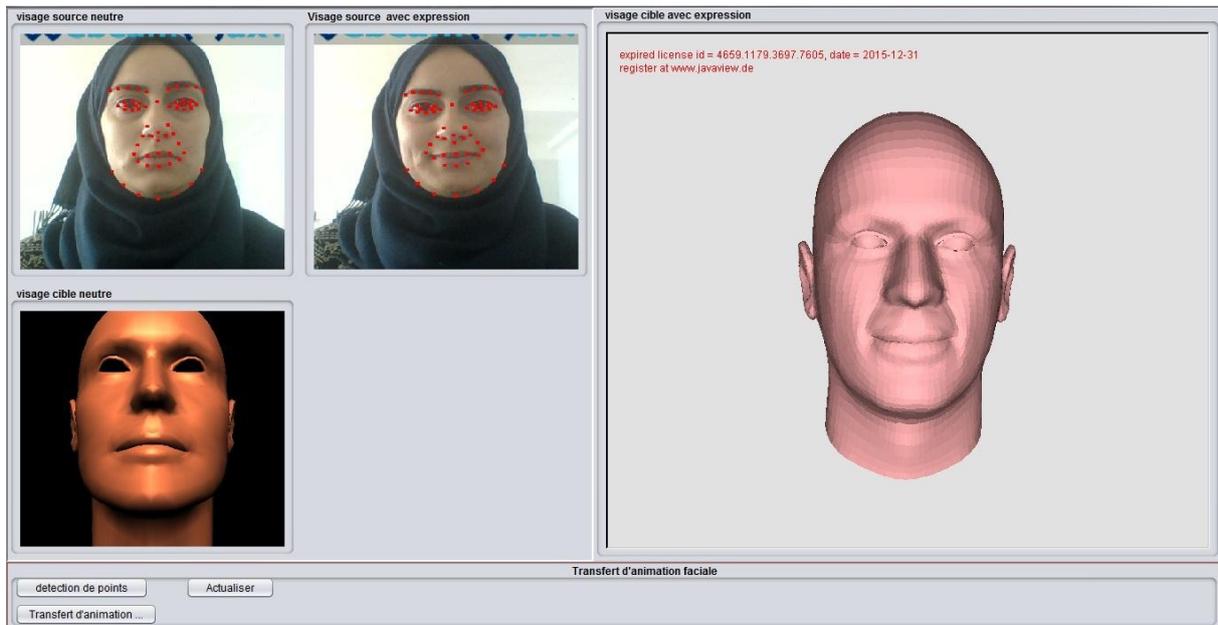


*Figure IV.8 : Résultat de transfert d'expression par RBF.*

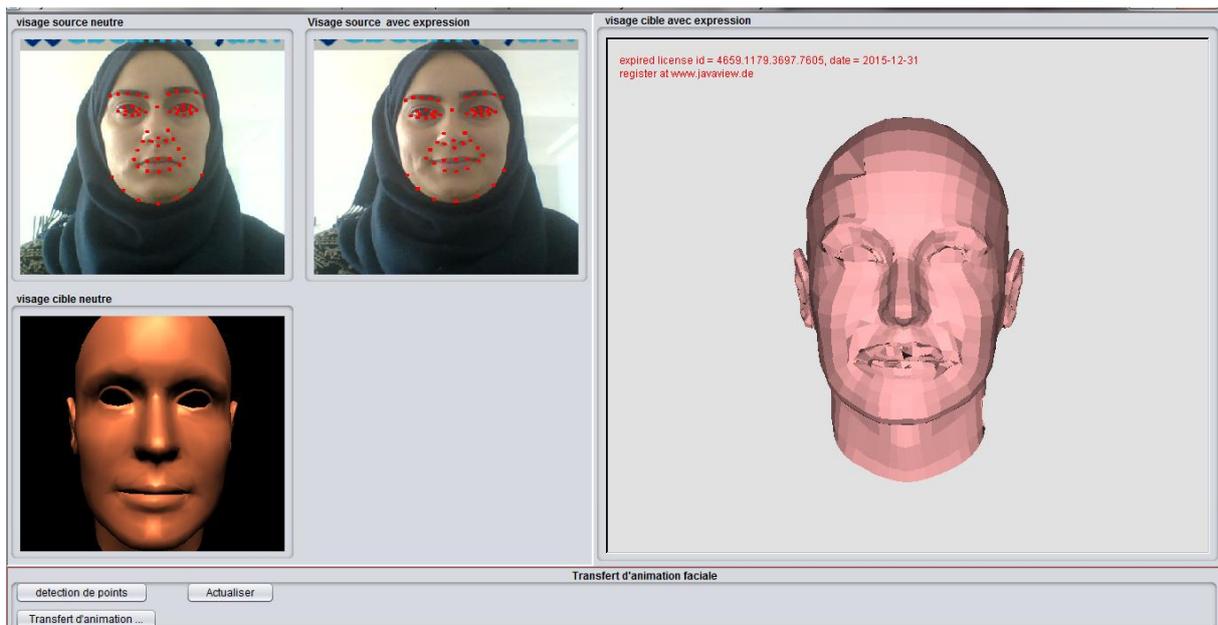


*Figure IV.9 : Résultat de transfert d'expression par TG.*

## Chapitre IV : Réalisation.

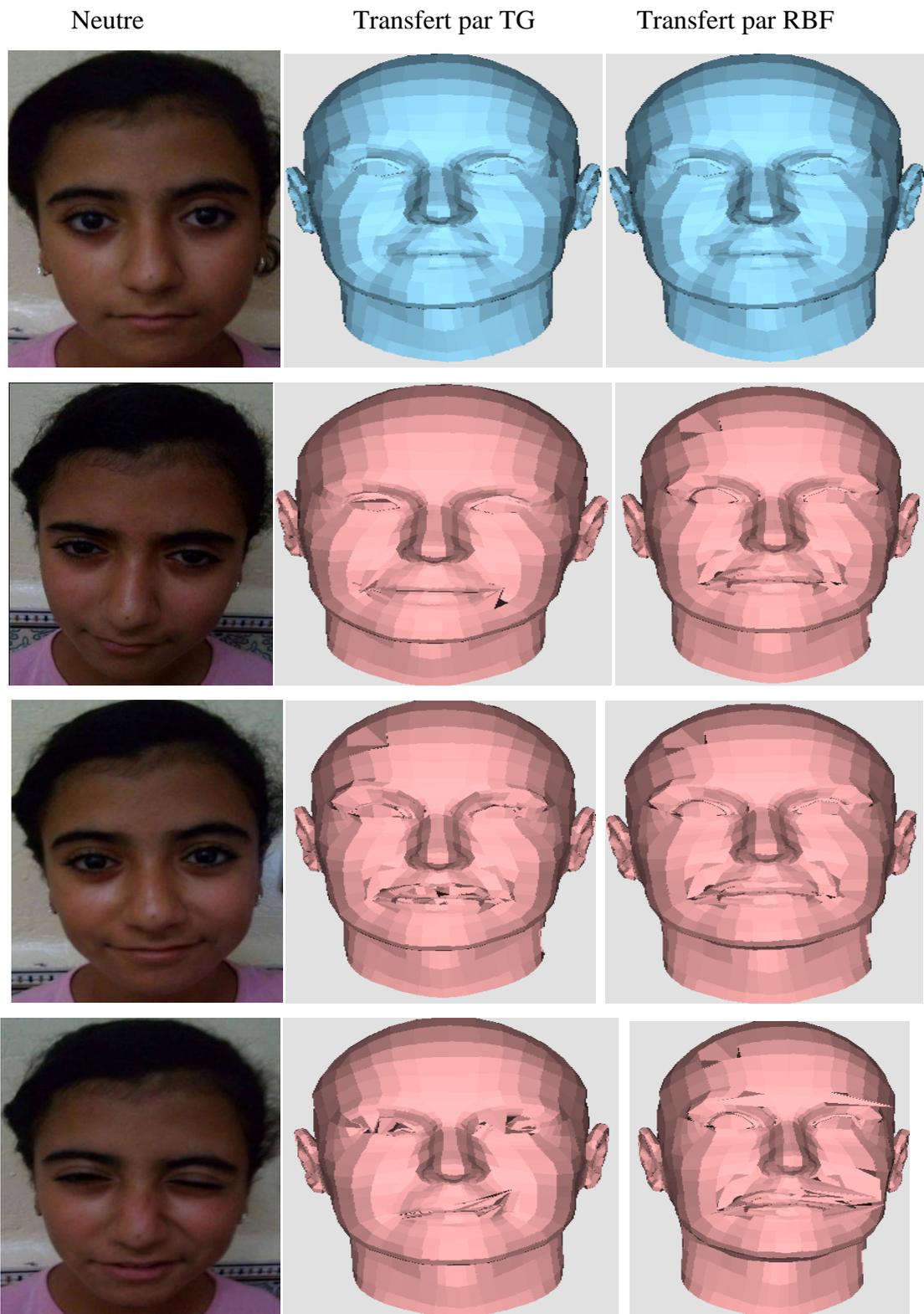


*Figure IV.10 : Résultat de transfert d'expression d'un sourire par TG.*



*Figure IV.11 : Résultat de transfert d'expression d'un sourire par RBF.*

❖ *Différents cas de tests :*



*Figure IV.12. Différents résultats de tests.*

❖ *Mauvais résultats obtenus avec RBF :*



*Figure IV.13 : Mauvais résultats.*

### IV. Discussion des résultats :

D'après les tests appliqués sur les visages sources, nous avons retenu ce qui suit :

#### Pour la première étape :

- a) Extraction des points caractéristiques : la méthode de l'extraction des points caractéristiques est rapide et donne des résultats satisfaisants. On peut dire que globalement, les résultats sont bons et précis pour la plupart des visages sources utilisés.

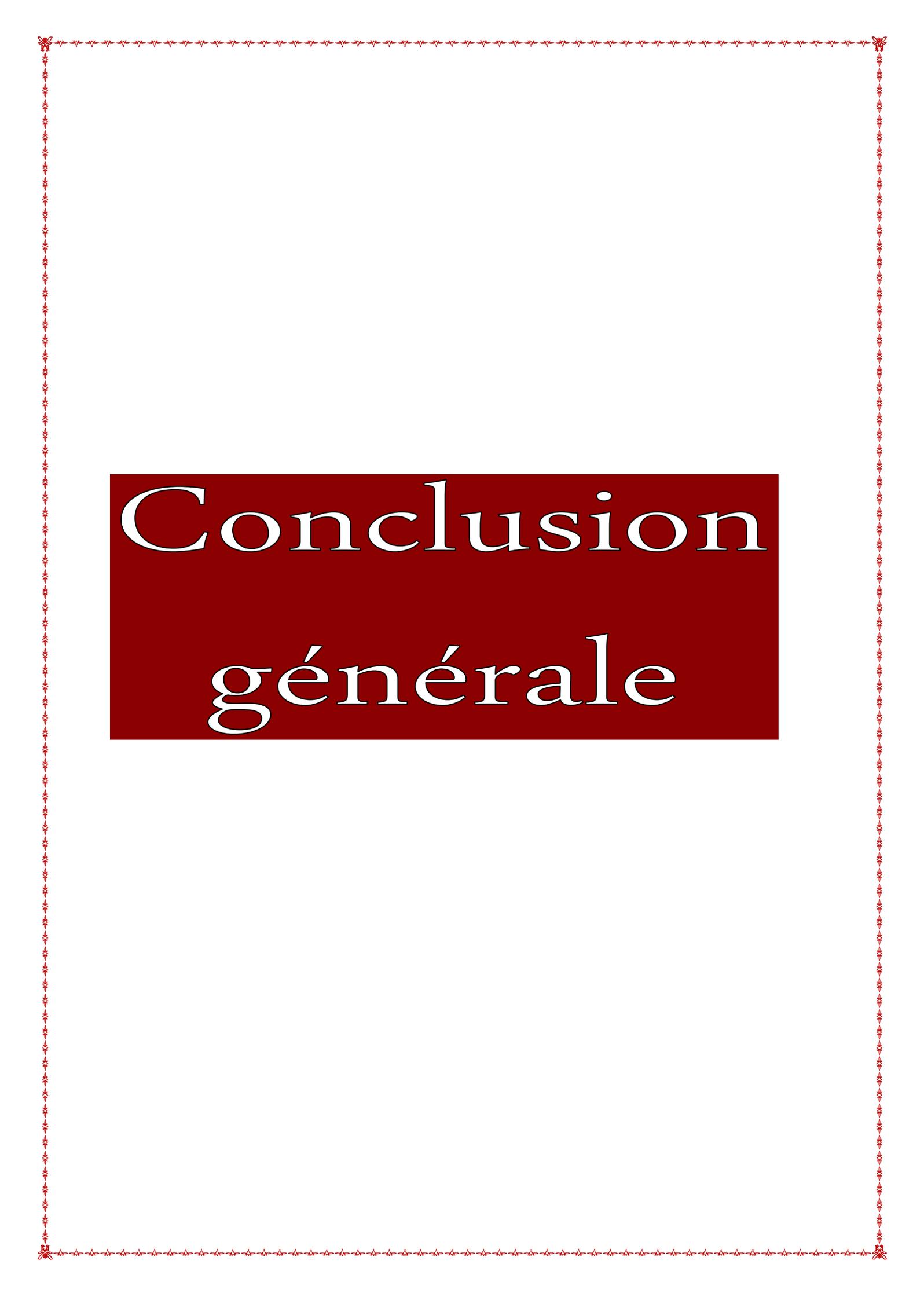
#### Pour la deuxième étape :

- b) Le transfert d'expression faciale par RBF : la méthode de transfert d'expression faciale par RBF n'est pas rapide à cause du grand nombre de calculs appliqués dans cette méthode. Selon notre expérimentation, cette méthode n'offre pas beaucoup de réalisme.
- c) Transfert d'expression faciale par TG : les résultats de cette méthode sont meilleurs que ceux de la méthode RBF, néanmoins le temps d'exécution est toujours aussi important.

### **V. Conclusion :**

Dans cette partie, nous avons détaillé notre application qui permet d'extraire les points caractéristique des visages source, puis de faire le transfert d'expressions faciales d'un visage source vers un autre cible par deux méthodes, dont la première est l'interpolation par les fonctions à bases radiales, et la deuxième par les transformations géométrique.

Ensuite, nous avons présenté quelques résultats de différents tests. Et enfin, nous avons discuté ces résultats et nous avons essayé de les améliorer pour arriver à un bon transfert.



# Conclusion générale

## Conclusion générale et perspectives

---

L'animation faciale des personnages reste un énorme challenge dans le domaine de la création 3D, que ce soit pour le film ou le jeu vidéo. Les studios professionnels n'hésitent pas à employer des moyens impressionnants pour produire des films avec des expressions faciales le plus réalistes possibles.

Un bon nombre d'approches ont été expérimentées pour créer des expressions faciales. Depuis le début des années 1970, des douzaines d'articles sont parus. Les champs d'applications sont en effet extrêmement nombreux et variés.

Dans ce mémoire, nous nous sommes intéressés au sujet d'animation faciale. Nous nous sommes particulièrement concentrés sur le transfert des expressions faciales pour permettre à tout utilisateur de créer ses propres animations, avec une simple webcam et sans avoir besoin de matériel spécialisé.

Notre objectif était de réaliser une application qui permet de transférer des expressions faciales à base des points caractéristiques, depuis un visage 2D à un visage 3D.

Il existe plusieurs méthodes pour le transfert d'expressions faciales, nous avons choisis d'étudier et de réaliser une méthode de transfert flexible et rapide. Nous avons testées deux méthodes, la première était l'interpolation avec les fonctions à bases radiales et la deuxième se base sur les transformations géométriques.

Le transfert à base d'une interpolation par RBF, et basée sur les points de contrôle, permet de passer du maillage source au maillage cible tout en s'adaptant au changement de morphologie.

Le transfert à base des transformations géométrique est basé sur le calcul du déplacement des points de contrôle entre l'état neutre et l'état expressif et son transfert des valeurs de ce déplacement aux points de contrôle du visage cible pour obtenir ce dernier en état expressif.

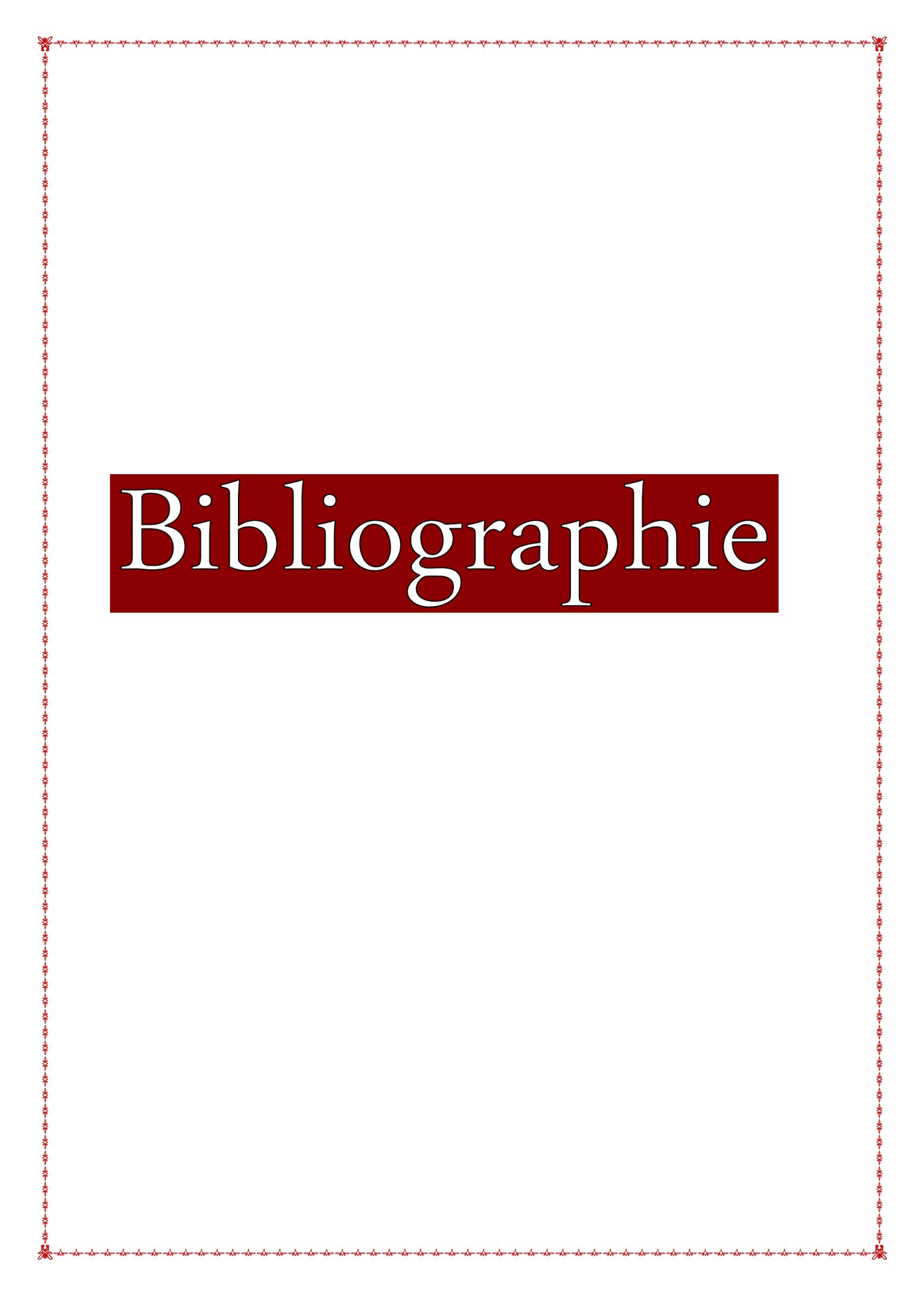
Les résultats obtenus sont satisfaisants, le transfert par transformations géométrique est meilleur que celui par RBF. Nous avons remarqué que le transfert au niveau de la bouche nécessite un travail supplémentaire.

## Conclusion générale et perspectives

---

Ce travail ouvre plusieurs perspectives pour des futurs travaux :

- La détection automatique des points de contrôles sur le visage cible.
- L'utilisation d'autres fonctions à bases radiale à fin de choisir celle qui donne un meilleur résultat.
- L'application d'un transfert d'animation d'un visage à un objet quelconque pour l'animer.
- Le transfert en temps réel.



# Bibliographie

## Bibliographie

---

- [BRCJ10]:** Andréa Britto, Mattos Roberto ,M. Cesar Jr Jesus, P. Mena-Chalco ,Luiz Velho, 3D Linear Facial Animation Based on Real Data, universitéSão Paulo -Brésil, Volume 08, 2010.
- [CWZTZ14]:** Chen Cao, YanlinWeng, Shun Zhou, Yiyong Tong, and Kun Zhou,FaceWarehouse: A 3D Facial ExpressionDatabase for Visual Computing, 2014.
- [CY91]:** Carol Leon-Yun Wang. Automating facial gestures and synthesized speech in human character animation. In Proceedings of the 1991Western ComputerGraphics Symposium, pages 39–40, April 1991.
- [DMB07] :** Ludovic Dutreuve, Alexandre Meyer, Saïda Bouakaz,Transfert d'Animation Faciale, 2007.
- [DTPT88] :** D,Magnenat-Thalmann, N. Primeau, E. Thalmann. 1988. Abstract muscle action procedures for human face animation. In The Visual Computer, 3(5), pp. 290-297.
- [EF78]:** P. Ekman and W. V. Friesen. Facial Action Coding System (FACS) ,A Technique for the Measurement of Facial Movement. ConsultingPsychologistsPress, 1978. 14, 76.
- [FP72]:** F. I. Parke, Computer Generated Animation of faces, Proc. ACM annual conf, 1972.
- [HCH10]:** Hui Zhao Chiew-Lan Tai, Subtle Facial Animation Transfer from 2D Videos to 3DFaces with Laplacian Deformation, Université Tokyo, Volume06, 2010.
- [ISP03]** I.S. Pandzic. Facial motion cloning. Graphical Models, Elsevier, 65(6): 385–404, 2003.
- [JYN01]:** J.-Y. Noh and U. Neumann. Expression cloning. In SIGGRAPH '01: Proceedings of the 28th annual conference on Computer graphics and interactive techniques, pages 277–288, New York, NY, USA, 2001. ACM Press.
- [KDW14]:** Kai Li, Qionghai Dai, Ruiping Wang Yebin Liu, A Data-Driven Approach for Facial Expression Retargeting in Video., Volume 16, 2014.

## Bibliographie

---

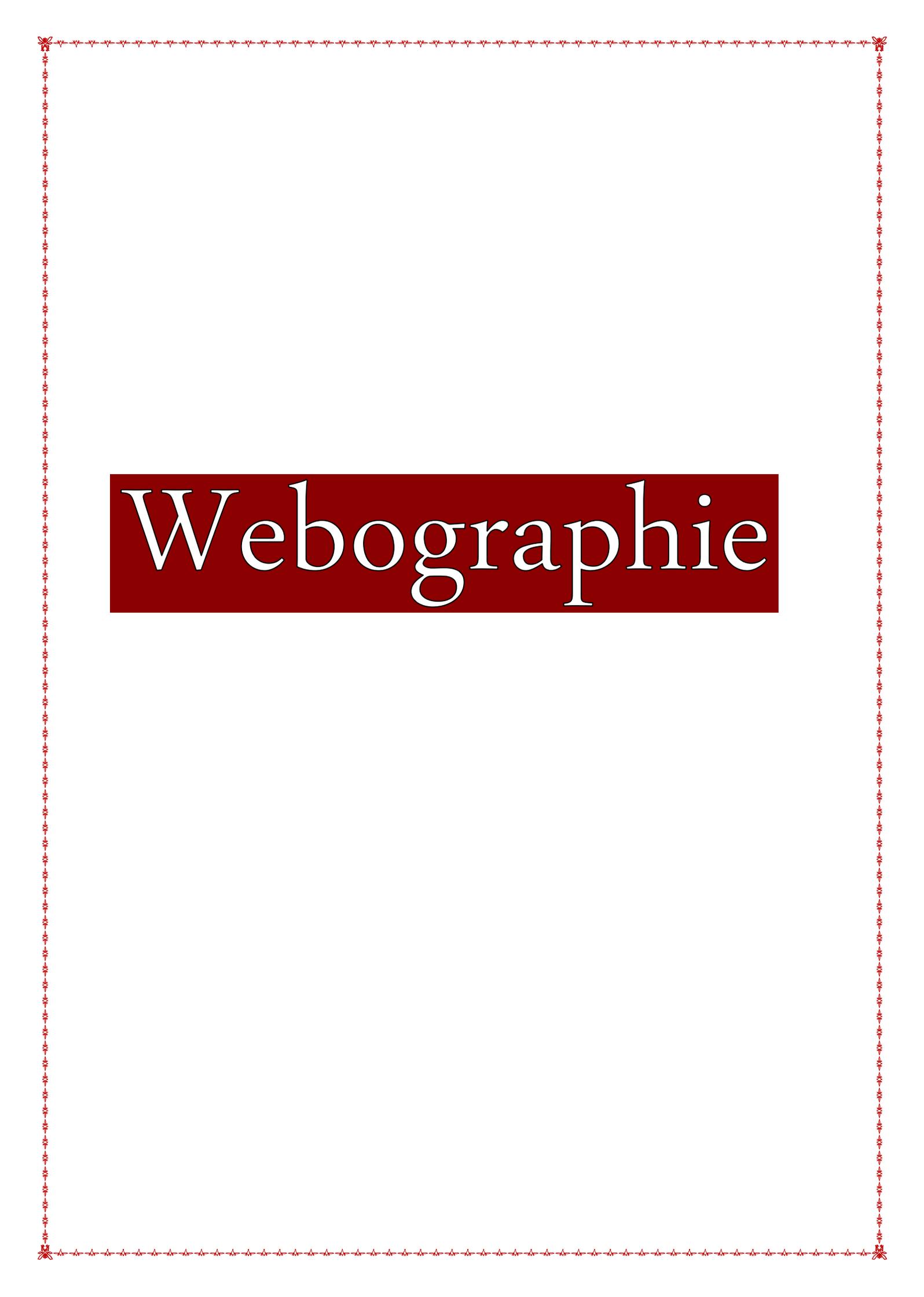
- [KG10] :** KhadoujaGhanem, Reconnaissance des Expressions Faciales à Base d'Informations Vidéo, Estimation de l'Intensité des Expressions Faciales, 2010.
- [KMMT91]:** P. Kalra, A. Mangili, N. Magnenat-Thalmann, and D,Thalmann. Smile Multilayered facial animation system. In IFIP WG 5.10, Tokyo, pages 189–198, 1991.
- [KVY03]:** T. Kuratate, E. Vatikiotis-Bateson, and H. Yehia, Cross-subject face animation driven by facial motion mapping. Swets and Zeitlinger, 2003.
- [LD] :** Ludovic Dutreve, Paramétrisation et Transfert d'Animations Faciales 3D à partir de Séquences Vidéo : vers des Applications en Temps Réel.
- [LY05]:** Lei Zhang, Yang Wang, Sen Wang, Dimitris Samaras,Image-Driven Re-targeting and Relighting of Facial Expressions, Univrarsité de New York, Stony Brook, NY, USA, Volume 08, 2005.
- [NHR90]:** Nahas M, Hutric H, Rioux M, Domey J, Facial image syntheses using skin texture recording, Visual Computer, 6(6):337–343, 1990.
- [PF82]:** Parke, F.I. 1982. Parameterized Models for Facial Animation, In IEEE Computer Graphics and Applications, 2(9), pp. 61-68.
- [PHLS98]:** F. Pighin, J. Hecker, D. Lischinski, R. Szeliski, D. H. Salesin, Synthesizing Realistic Facial Expressions from Photographs, Siggraph proceedings, 1998.
- [PM07] :** Perrine Monjaux, Modélisation et animation interactive de visages virtuels de dessins animés, 2007.
- [SA04] :** S, Akkouche, A. Barbier, F. Bertails, M.P.Cani, l'humain virtuel, modélisation. 2004.
- [SG04] :** S.Garchery, Animation Faciale Temps Réel Multi Plates-formes, Genève-Suisse, 2004.
- [SR01]:** J. Stokes and J. Ragan-Kelly. Final fantasy, The technology within,2001.
- [TBSN92]:** T. Beier, S. Neely, Feature-based Image Metamorphosis, 1992, Computer

## Bibliographie

---

Graphics, Siggraph proceedings, vol. 26 pp. 35-42.

- [VY92]:** Viad ML, Yahia H, Facial animation with wrinkles, Forsey D, Hegron G, editors, Proceedings of the Third Eurographics Workshop on Animation and Simulation, 1992.
- [WBLP11]:** T. Weise, S. Bouaziz, H. Li, and M. Pauly, Realtime Performance- Based Facial Animation, ACM Trans. Graphics, vol. 30, no. 4, pp. 77:1-77:10, July 2011.
- [WL93]:** K. Waters, T. M. Levergood, Decface, An automatic Lip-synchronization Algorithm for Synthetic Faces, 1993, DEC. Cambridge Research Laboratory Technical Report Series.
- [YWS11]:** F. Yang, J. Wang, E. Shechtman, L. Bourdev, and D. Metaxas, Expression Flow for 3d-Aware Face Component Transfer,” ACM Trans. Graphics, vol. 30, no. 4, pp. 60:1-60:10, July 2011.
- [YWZ15]** Yihao Zhang, Weiyao Lin, Bing Zhou, Zhenzhong Chen, Bin Sheng, Jianxin Wu, Et Wenjun Zhang, Facial Expression Cloning with Elastic and Muscle Models, annual conference on Computer Science, Université de Zhengzhou, en Chine, Volume 26, 2015.



# Webographie

## Webographie.

---

- [W01]: [https://www.java.com/fr/download/faq/whatis\\_java.xml](https://www.java.com/fr/download/faq/whatis_java.xml).....49
- [W02]: <https://www.luxand.com/facesdk/documentation/usingjava.php>.....49
- [W03]: <http://www.javaview.de/doc/index.html>.....50