

532

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

17004, 532

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 d'un visage réel vers un objet virtuel

Encadré Par :

Mme. Bordjiba Yamina

Présenté par :

Mohamedi Chafia

Bounemra Samia

Juin 2016

Résumé

Dans ce mémoire, nous présentons l'animation faciale qui est l'un des points clés dans le réalisme des scènes 3D qui mettent en scène des personnages virtuel, et on s'intéresse plus particulièrement au transfert des expressions faciales qui est un processus assez complexe et difficile, nous souhaitons réaliser un transfert d'animation d'un visage réel 2D vers un objet virtuel 3D.

Il existe différentes méthodes de déformation qui permettent de le faire, notre travail effectue la déformation du maillage en utilisant les fonctions à base radiale (Radial Basis Function, RBF). Cette technique a été testée pour l'animation de l'objet virtuel, les résultats obtenus sont satisfaisants.

Les mots clés: Animation faciale, Expressions, Objet virtuel, Fonctions à base radiale, Point de contrôle, Zone d'influence.

Abstract

In this paper, we present the facial animation is one of the key points in the realism of 3D scenes that feature virtual characters, and is particularly interested in the transfer of facial expressions is a complex process and difficult, we want to achieve an animation transfer of a real face 2D to a 3D virtual object.

There are different methods of deformation that can do our work makes the mesh deformation using the radial basis functions (Radial Basis Function RBF). This technique has been tested for the animation of the virtual object, the results are satisfactory.

Keywords: Facial animation, Expressions, Virtual object, Radial basis functions, Checkpoint, Area of influence.

Remerciement

*Nous remercions **Dieu** de nous avoir accordé des connaissances de la science et de nous avoir aidé à réaliser ce travail.*

Au terme de ce modeste travail nous tenons à remercier chaleureusement et respectivement tous ceux qui ont contribué de près ou de loin à la réalisation de ce modeste projet de fin d'étude.

Nos vifs remerciements vont tous d'abord à notre encadreur Mme. BORDJIBAYAMINA qui nous a encadrés tout le long de ce projet et qui nous a apporté beaucoup de connaissances dans ce vaste domaine des « traitements des images ».

Tout notre respect et nos remerciements vont vers les membres du jury qui vont pleinement consacrer leur temps et leur attention afin d'évaluer notre travail, qui espérons le sera à la hauteur de leur attente.

Enfin, nos remerciements les plus sincères sont adressés à tous les professeurs, l'administration et le personnel de l'informatique qui ont contribué à forger nos connaissances et à assister notre formation.

Dédicace

Merci Allah (mon dieu) de m'avoir donné la capacité d'écrire et de réfléchir, la force d'y croire, la patience d'aller jusqu'au bout du rêve et le bonheur de lever mes mains vers le ciel et de dire : " Ya Karim "

Je dédie ce modeste travail à celle qui m'a donné la vie, le symbole de tendresse, qui s'est sacrifiée pour mon bonheur et ma réussite, à ma mère.

A mon père, école de mon enfance, qui a été mon ombre durant toutes les années des études, et qui a veillé tout au long de ma vie à m'encourager, à me donner l'aide et à me protéger.

Que dieu les gardes et les protège.

A mes frères : Seif et Imad.

A mon mari : Abderazzak et sa famille sans exception.

A mes amies : Sara , Rima ,Jouli, Saida et Naima.

A mes collègues d'étude: Yasmine et Samia

A tous ceux qui me sont chères.

A tous ceux qui m'aiment.

A tous ceux que j'aime.

Je dédie ce travail.

Chafia

Dédicace

Je dédie ce mémoire à

Mon mari pour son soutien et tous les sacrifices consentis et ses précieux conseils

Mes parents :

Ma mère, qui a œuvré pour ma réussite, de par son amour, pour toute son assistance et sa présence dans ma vie, reçois à travers ce travail aussi modeste soit-il, l'expression de mes sentiments et de mon éternelle gratitude.

Mon père, qui peut être fier et trouver ici le résultat de longues années de sacrifices et de privations pour m'aider à avancer dans la vie. Puisse Dieu faire en sorte que ce travail porte son fruit ; Merci pour les valeurs nobles, l'éducation et le soutien permanent venu de toi.

Mes enfants : Malek , Mohamed amine et Maria

Mes frères et sœurs qui n'ont cessé d'être pour moi des exemples de persévérance, de courage et de générosité.

Mes professeurs de l'université 8 mai 45 qui doivent voir dans ce travail la fierté d'un savoir bien acquis.

Samia

Table de matières

Résumé	Erreur ! Signet non défini.
Abstract.....	Erreur ! Signet non défini.
Remerciement.....	Erreur ! Signet non défini.
Dédicace	Erreur ! Signet non défini.
Dédicace	Erreur ! Signet non défini.
Table de matières.....	1
Table de figures	4
Liste de tableaux	6
Introduction Générale.....	7

Chapitre 1. Etat de l'art

1. Introduction	9
3. Visage humain	10
3.1. Anatomie de visage humain :	10
4. Expression faciale:.....	14
5. Les systèmes de codage.....	16
5.1. Standard MPEG4.....	16
5.2. Facial Action Coding System FACS	17
FACS+.....	17
6. Animation faciale	17
6.1. Définition :.....	17
6.2. Type d'animation faciale	18
a. Animation faciale non temps réel :	18
b. Animation faciale en temps réel	18
7. Technique d'animation faciale	19
7.1. Animation faciale purement synthétique :	19
a. Interpolation de formes (Blendshape)	19
b. Déformation de surface.....	20
Déformation directe.....	20
Déformation de forme libre.....	20
7.2. L'animation faciale par capture de mouvement :	21

a. Suivi de marqueurs	21
b. Suivi de points caractéristiques sans marqueur	22
c. Modèles déformables.....	22
8.Domaine d'application :	23
9.Conclusion	24

Chapitre 2.Technique de transfert

1.Introduction	25
2.Définition du transfert d'animation faciale :	25
3.Quelques méthodes de transfert :.....	25
3.1. Expression cloning	25
3.2. Motion cloning	26
3.3.Clonnage d'expression faciale avec des modèles élastiques et musculaires	27
3.4. Transfert guidé par l'image et re_éclairage des expressions faciales.....	28
3.5 Animation faciale 3D linéaire basé sur des données réelles.....	29
3.6. Une approche de transfert des expressions faciale guidée par les donnée.....	30
3.7.Transfert d'animation faciale 2D ver 3D par déformation Laplacienne	30
3.8. Transfert par les fonctions à base radiale (RBF)	31
4. Conclusion :.....	32

Chapitre 3.Conception

1. Introduction	33
2. Problématique.....	33
3. Architecture générale :.....	33
4.Les étapes de transfert par RBF :.....	35
5.Calcul de fonction a base radiale :.....	35
5. Conclusion	37

Chapitre 4. Réalisation

1. Introduction	38
2. Environnement de développement	38
3. Les objets virtuels.....	41
4. l'implémentation :.....	43
4.1. Chargement de la vidéo du visage source.....	44
4.2. Chargement d'objet virtuel 3D	45
4.3. Détection des points de contrôle visage souce.....	45
4.4. Détection des points de contrôle d'objet virtuel	46

5. Résultats obtenus	49
6. Conclusion	50
Conclusion générale et perspectives	51
Références	52

Table de figures

<i>Figure 1.1. Les différents os de la tête</i>	10
<i>Figure 1.2. Image de base</i>	12
<i>Figure 1.3. Visage pendant la modélisation</i>	12
<i>Figure 1.4. Visage 3D modélisé sous blender</i>	13
<i>Figure 1.5. Animation faciale 3D</i>	14
<i>Figure 1.6. Capture de mouvement</i>	16
<i>Figure 1.7. Mouvement du visage par suivi de marqueur</i>	17
<i>Figure 1.8. Suivi de points de contrôle</i>	17
<i>Figure 1.9. Modèle déformable</i>	17
<i>Figure 1.10. Visage paramétrisé par blendshape</i>	19
<i>Figure 1.11. Mouvements faciaux globaux</i>	20
<i>Figure 1.12. Relation entre expression faciale et émotion</i>	21
<i>Figure 1.13. Découpage de standard MPEG4</i>	22
<i>Figure 2.1 : Le clonage d'expression selon Noh</i>	25
<i>Figure 2.2 : Résultat de transfert par clonage d'expression faciale avec des modèles élastiques et musculaires</i>	27
<i>Figure 2.3 : Les étapes de système Animation faciale 3D linéaire basé sur des données réelles</i>	28
<i>Figure 2.4 : Résultat de transfert des expressions faciale guidée par les données</i>	29
<i>Figure 2.5 : Résultat de transfert par déformation la placcienne</i>	30
<i>Figure 2.6 : Présentation de transfert d'animation faciale par fonction à base radiale</i>	31
<i>Figure 3.1 : L'architecture générale de l'application</i>	33

<i>Fig 3.2 : les points de contrôles selon FaceSDK.....</i>	<i>34</i>
<i>Figure 4.1. Sigle d'Eclipse.....</i>	<i>39</i>
<i>Figure 4.2. Visionneur JavaView.....</i>	<i>40</i>
<i>Figure 4.3. Objet virtuel 3D modélisé par blender.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 4.4. Exemples d'images de la collection de test.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 4.5. Modélisation d'une pomme 3D par 3DSMAX.....</i>	<i>42</i>

Liste de tableaux

<i>Tableau 4.1</i> le choix des points de contrôle du visage source.....	44
<i>Tableau 4.2</i> le choix des points de contrôle d'un objet virtuel.....	45

Introduction générale

L'animation faciale est un sujet qui a gagné en intérêt au cours des dernières années. Il s'agit d'animer des avatars virtuels à partir de données réelles. Les enjeux sont divers, les industries audiovisuelles et vidéo ludiques notamment sont demandeuses de ce type de technologies car elles permettent de générer des animations d'autant plus crédibles aux yeux du public qu'elles sont produites à partir de comportements humains réels. Parmi les applications possibles on peut citer la communication en temps réel d'humains à humains anonymisée par le biais de ces avatars, ou bien encore la création d'agents virtuels présentant un comportement humain pour des interfaces humains-machine.

On peut distinguer deux principales familles de techniques d'animation faciale, et qui parfois s'entrecroisent : la synthèse et le transfert, la synthèse consiste à produire des animations faciales par des méthodes demandant plus ou moins d'interventions humaines, qui visent à reproduire les mécanismes visuels ou physiques du visage et le transfert a pour but d'animer un personnage virtuel en transférant des expressions réalisées par un acteur réel issues de capture de mouvement. Nous nous intéressons dans ce mémoire au transfert d'animation faciale à partir de vidéos réelle.

Le mémoire est structuré autour de quatre chapitres comme suit :

Chapitre 1 : Etat de l'art sur les animations faciale

Le premier chapitre est consacré à l'animation faciale, son historique et ses différentes techniques ainsi que la modélisation de visage 3d. Enfin, nous avons survolé quelques domaines d'applications.

Chapitre 2 : Technique de transfère des animations faciales.

Ce chapitre présente une vue globale sur le transfert des animations faciales. Nous y consacrons ici un chapitre présentant les différentes approches utilisées pour le transfert d'animation.

Chapitre 3 : Conception

Le troisième chapitre détaille les différentes étapes de conception de notre application.

Chapitre 4 : Implémentation et résultats

Ce chapitre illustre l'implémentation de notre application, la collection de tests et les résultats obtenus.

Chapitre 1. Etat de l'art

1. Introduction

De nos jours, l'animation traditionnelle est majoritairement assistée par ordinateur, à une étape ou à une autre de sa production. La technique de l'animation en trois dimensions se rapproche de celles de l'animation en volume et de la prise de vues réelles.

L'animation faciale est l'un des points clés dans le réalisme des scènes 3D qui mettent en scène des personnages virtuels. Ceci s'explique principalement par les raisons suivantes : le visage et les nombreux muscles qui le composent permettent de générer une multitude d'expressions. La suite de ce chapitre est organisée comme suit : nous commençons par la définition de l'animation faciale. Ensuite, nous citons ses différentes approches. Nous présentons quelques méthodes les plus citées dans la littérature, et nous terminerons par une conclusion.

2. histoire

Années 70

Les premiers travaux de recherche en matière d'animation faciale remontent aux années 70, par Parke et Gillenson qui développent des modèles paramétriques très complexes.[web01]

Années 80

Les années 80 voient apparaître les premiers modèles de visages contrôlés par des muscles virtuels, d'abord par Platt, puis Waters .

Années 85

Le film Tony de Peltrie est une première dans le domaine de l'animation faciale, en présentant des expressions de visages 3D synchronisés avec de la parole.Parallèlement des travaux de synchronisation automatique de la parole sont menés par Lewis et Hill.

Les dernières années :

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 " et la sophistication

des films a augmenté après 2000. Dans The Matrix Reloaded et Matrix Révolutions, Les studios professionnels n'hésitent pas à employer des moyens impressionnants pour produire des films avec des expressions faciales les plus réalistes possibles. Il faut des millions de dollars pour accéder à ce type de techniques, réservées à une élite, et qui nécessitent des moyens matériels colossaux (caméras, super calculateurs, etc).[web02]

3. Visage humain

3.1. Anatomie de visage humain :

Le visage intervient fortement dans le processus de communication entre êtres humains ceci sur deux niveaux :

- au niveau de la parole pour laquelle la bouche et la mâchoire jouent un rôle important ;
- à travers la communication non verbale réalisable grâce à la multitude de déformations que le visage est en mesure de produire, des plus larges aux plus fines.

La peau la plus grand organe du corps humain, est structurée en trois couches distinctes : l'épiderme, le derme et l'hypoderme. De nombreuses terminaisons nerveuses lui confèrent également un rôle prépondérant dans la perception du toucher.

Les os de la tête sont regroupés en deux parties : le crâne et le visage. Le crâne est formé de huit os qui forment la boîte crânienne qui contient l'encéphale.

Le visage est quant à lui composé de quatorze os, eux-mêmes repartis en deux massifs osseux, la mâchoire supérieure et la mâchoire inférieure. L'unique articulation du visage qui met en opposition ces deux parties est utilisée pour la mastication et pour la parole. Les os de la tête lui donnent sa forme générale et offre une stabilité à l'ensemble des muscles et organes qui la constituent.

Muscles faciaux : Les muscles faciaux n'ont pas de muscles antagonistes correspondants. En effet, chaque muscle squelettique ne peut se contracter que si son muscle antagoniste est relâché. Les muscles faciaux reviennent à une position de repos quand il n'y a plus d'activation, puisque l'ensemble des tissus du visage oppose une réaction au mouvement. L'enchevêtrement des muscles au niveau du visage permet une grande mobilité. Les points d'attache des muscles aux os du crâne sont relativement peu nombreux et beaucoup sont liés directement les uns aux autres. [Dutreuve, 11]

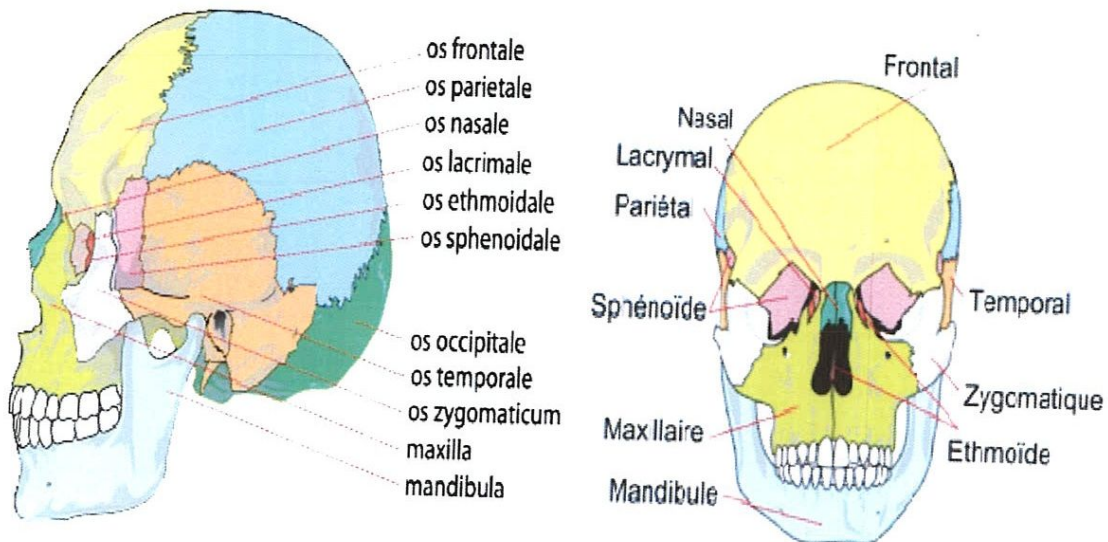


Figure 1.1. Les différents os de la tête.

3.2. Modélisation de visage humain :

La possibilité de créer et de construire des mondes virtuels et de leur donner vie ça se limite à notre imagination, car il faut dire que les logiciels tendent à se simplifier de plus en plus pour séduire. Ils deviennent plus accessibles, tout en poussant toujours plus loin les fonctionnalités. Aujourd'hui n'importe qui peut se lancer, les plus motivés arriveront en quelques mois voire semaines à réaliser des animations et images criantes de réalisme.

Évidemment, Maya, Blender, 3ds Max, Modo et plein d'autres. Les outils présentés seront exactement les mêmes, seules les raccourcis et l'interface seront les deux principaux éléments distinctifs.

a. Modéliser c'est quoi ?

C'est le fait de modifier une forme de base, souvent en partant d'un polygone dit « primitif », un cube, un pavé, un cylindre, une sphère pour les rendre plus complexes. Il y a trois grandes approches différentes de la 3D en informatique :

- La modélisation dite polygonale, consiste à déplacer et éditer les faces d'un polygone, ses arêtes et ses sommets pour au final créer des objets beaucoup plus complexes, tout ça à partir d'une forme basique. Maya, Blender ou 3ds Max, proposent beaucoup d'outils permettant d'étirer, de couper, de retourner

Leur choix n'aura aucun impact sur la qualité de nos réalisations. Si vous maîtriser Maya, vous maîtriserez Blender et inversement.

- La deuxième approche de la 3D est liée, elle touche aussi le côté artistique. Il s'agit des logiciels de sculpture et de peinture sur des surfaces 3 ce qui permet de déformer, de dessiner sur des surfaces comme si dessiner sur un papier. Ils permettent de concevoir des personnages et créatures très facilement et surtout de réaliser des détails très précis, c'est l'ajout de détails très poussés et la création de textures. Blender commence tout juste à devenir performant dans ce domaine.
- Pour finir, on a les logiciels de Conception Assistée par Ordinateur (CAO) qui génèrent des formes à partir des lignes, dont le but final est de réaliser des plans. Ces logiciels ne sont pas dédiés aux créations artistiques, mais à fabriquer des pièces réelles, où chaque dimension sont calculées au millimètre près tout en prenant en compte la résistance des matériaux. [Yvan, 14]

b. Comment modéliser un visage ?

Pour modélisé un visage il faut passer par les étapes suivante :

- 1- Modélisation tour bas du nez
- 2- Modélisation du coin du crâne
- 3- Modification du dessus du nez
- 4- Ajustement de l'image de fond vue de face
- 5- Modélisation du front
- 6- Fermer le haut du nez
- 7- Modification de l'orientation de 3 faces à gauche du tour de l'oeil
- 8- Diminution de 8 à 6 bandes de faces horizontales sur le front
- 9- Modélisation du dessus de la calotte crânienne
- 10- Modélisation de l'arrière de la boîte crânienne
- 11- Modélisation du tour de la mâchoire inférieure
- 12- Modélisation du tour de l'oreille et modification des faces en bas du crâne
- 13- Modélisation du dessous du menton jusque vers l'oreille
- 14- Modification de la largeur du bas de l'arrière du crâne
- 15- Fermer la tempe entre l'orbite et l'oreille
- 16- Fermeture de la joue
- 17- Fermeture de l'espace entre le nez et la joue
- 18- Donner la forme au nez

- a) Position du trou de la narine
- b) Amélioration de la largeur du nez
- c) Déplacement des contours sous le nez [Yvan, 14]

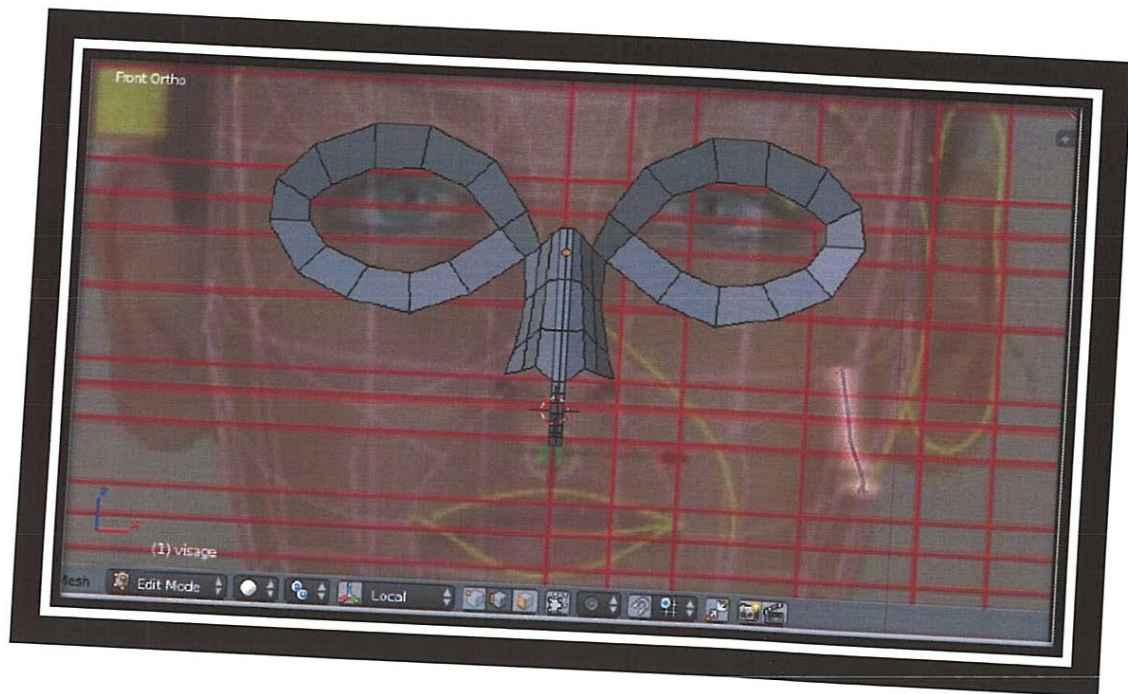


Figure 1.2. Image de base.

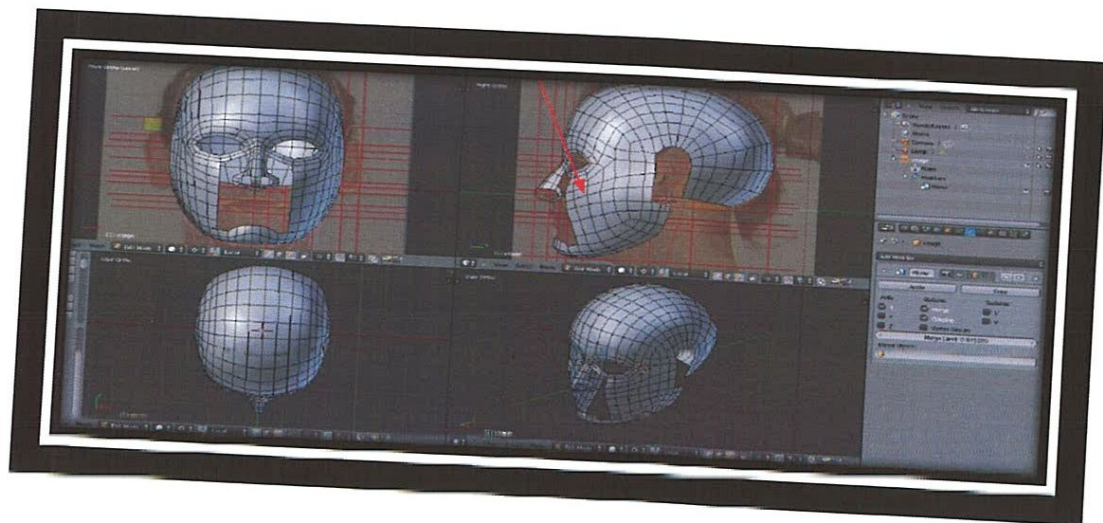


Figure 1.3. visage pendant la modélisation.

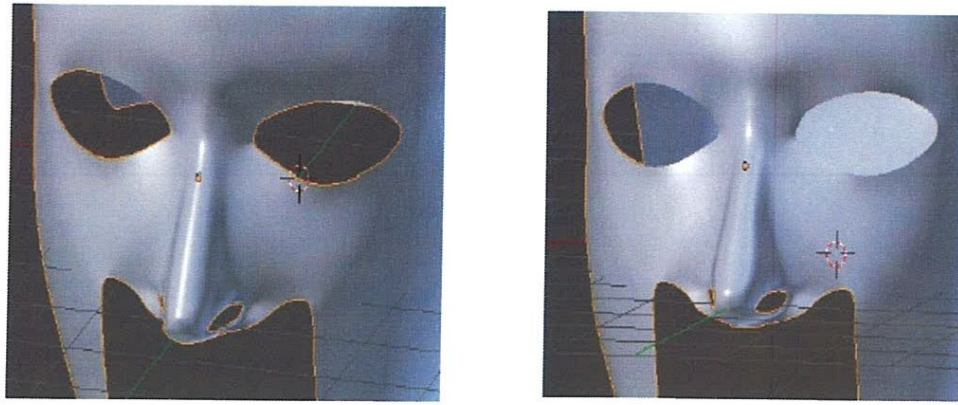
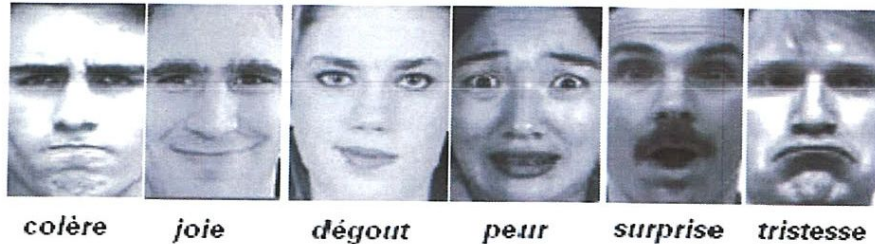


Figure 1.4. visage 3D modélisé sous blender.

4. Expression faciale:

L'expression faciale est un ensemble des signes du visage qui traduisent un sentiment de changement dans le visage, perceptible visuellement, dû à l'activation (volontaire ou non) de l'un ou de plusieurs des 44 muscles composant le visage, il y a 250000 expressions possibles.



colère joie dégoût peur surprise tristesse

Figure 1.11. Mouvements faciaux globaux.

4.1. Pourquoi les expressions faciales existent-elles?

Trois points de vue différents :

- Les émotions sont au centre de l'explication des expressions faciales

Sélection naturelle ⇒ émotions de base ⇒ expressions faciales universelles (colère, dégoût, joie, peur, surprise, tristesse), les étiquettes pourraient être remises en question car elles dépendent du langage et de la culture.

- Les expressions faciales sont des signaux de conversation qui dépendent des intentions de l'émetteur, du comportement du récepteur et du contexte de l'interaction, non des émotions. Hausser les sourcils ↔ incrédulité, froncer les sourcils ↔ incompréhension, hausser le menton ↔ ignorance

- Les expressions faciales sont des activateurs et des régulateurs d'émotion dû à la plasticité du cerveau, changent la température de l'hypothalamus pour faciliter ou inhiber la production de neurotransmetteurs liés aux émotions.

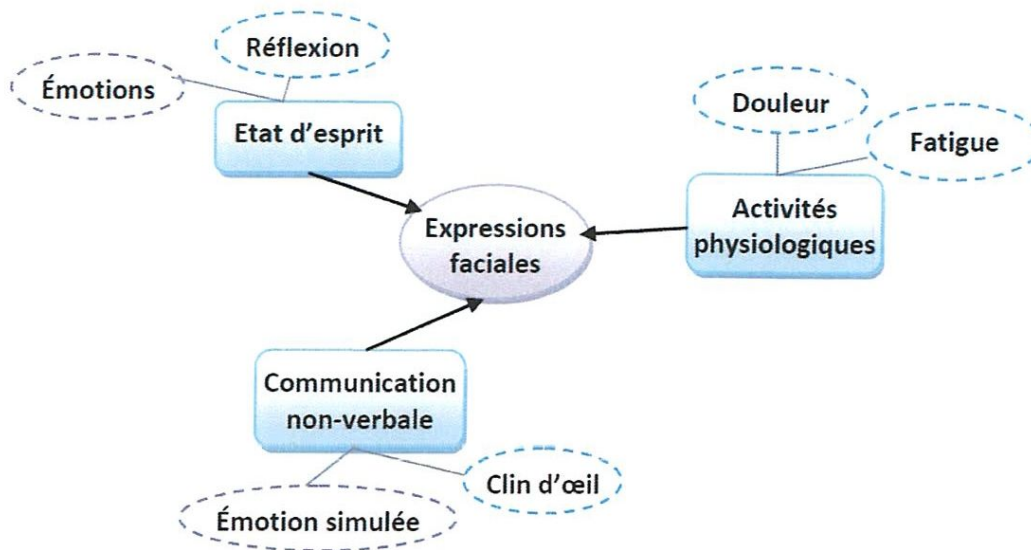


Figure 1.12. Relation entre expression faciale et émotion.

- Attribut facial** : un attribut facial est une propriété élémentaire centrée objet caractérisant un visage. La position des yeux est un attribut facial. La présence de barbe est un autre attribut. Les attributs faciaux directement visibles sont dit de premier ordre. Les attributs qui ne peuvent être mesurés qu'à partir d'autres attributs de premier ordre, sont des attributs de second ordre et ainsi de suite. La mesure de distance entre les deux yeux est un attribut du second ordre.
- Indice visuel** : un indice visuel est une propriété élémentaire centrée observateur du visage : c'est un attribut facial qui est observé et visible. Certains attributs ne sont pas visibles chez certaines personnes (barbe, moustache, sourcils) ; certains ne sont visibles qu'à certains moments
- Composante faciale** : une composante faciale est une partie du visage. Le découpage en composantes est celui du langage naturel : les yeux, le nez, la bouche, les joues, les sourcils, la barbe, etc. Bien que certaines puissent être entièrement caractérisées par un ensemble d'attributs faciaux (les yeux peuvent être caractérisés par leur forme, leur couleur, la présence et la longueur des cils, etc.), d'autres ne sont que des mesures floues et sont difficiles à caractériser à partir d'indices visuels objectifs élémentaires.

C'est le cas par exemple des joues dont les limites sont difficiles à fixer, même pour un observateur humain. [Garchery, 04]

5. Les systèmes de codage

5.1. Standard MPEG4.

La norme de codage vidéo MPEG-4 Norme internationale (ISO 14496) dispose d'un modèle du visage humain développé par le groupe d'intérêt Face and Body AdHoc Group. C'est un modèle 3D articulé. Ce modèle est construit sur un ensemble d'attributs faciaux, appelés Facial Feature Points (FFP). Des mesures sur ces FFP sont effectuées pour former des unités de mesure (Facial Animation Paramètre Units) qui servent à la description des mouvements musculaires (Facial Animation Paramètres - équivalents des Actions Units d'Ekman).

Les *Facial Animation Parameter Units*(FAPU) permettent de définir des mouvements élémentaires du visage ayant un aspect naturel. En effet, il est difficile de définir les mouvements élémentaires des muscles de manière absolue : le déplacement absolu des muscles d'une personne à l'autre change, mais leurs déplacements relatifs à certaines mesures pertinentes sont constantes. C'est ce qui permet d'animer des visages de manière réaliste et peut permettre de donner des expressions humaines à des personnages non-humains.

[Garchery, 04]

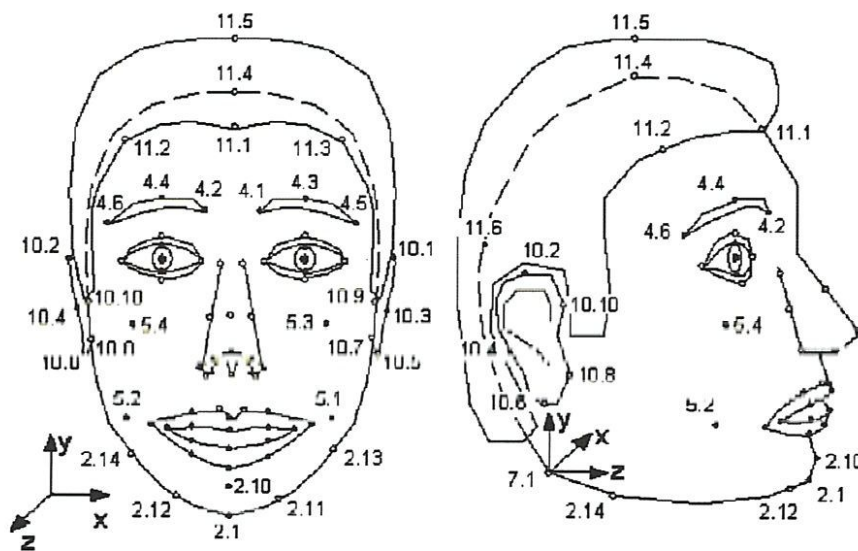


Figure 1.13. Découpage de standard MPEG4.

5.2. Facial Action Coding System FACS

En 1978, Ekman et Friesen présentent un système de codification manuelle des expressions du visage ([22]). Leurs travaux d'observation leur permettent de décomposer tous les mouvements visibles du visage en terme de 46 Actions Unitaires (Action Unit , qui correspond aux actions faciales définies plus haut) qui décrivent les mouvements élémentaires des muscles. N'importe quelle mimique observée peut donc être représentée sous le forme d'une combinaison d'Actions Unitaires .Ce système de codage est connu sous le nom de Facial Action Coding System (FACS). FACS s'est imposé depuis comme un outil puissant de description des mimiques du visage, utilisé par de nombreux psychologues.

FACS+

Bien que FACS soit un système de description bénéficiant d'une grande maturité (environ vingt années de développement), il souffre cependant de quelques inconvénients.

Complexité : on estime qu'il faut 100 heures d'apprentissage pour en maîtriser les principaux concepts

Difficulté de manipulation par une machine : FACS a d'abord été créé pour des psychologues, Certaines mesures restent floues et difficilement évaluables par une machine.

Manque de précision : les transitions entre deux états d'un muscle sont représentées de manière linéaire, ce qui est une approximation de la réalité. En particulier les mesures temporelles de l'activation des muscles faciaux (onset, apex et offset) ne sont pas mises en évidence.[Garchery, 04]

6. Animation faciale

6.1. Définition :

Une animation faciale est un ensemble d'indices visuels intégrés de manière temporelle. Le relèvement des sourcils est par exemple une animation faciale composée d'un ensemble de positions successives des sourcils. Une animation faciale est généralement décrite par sa dynamique : le relèvement des sourcils consiste en une position actuelle des sourcils plus haute que sa position précédente.

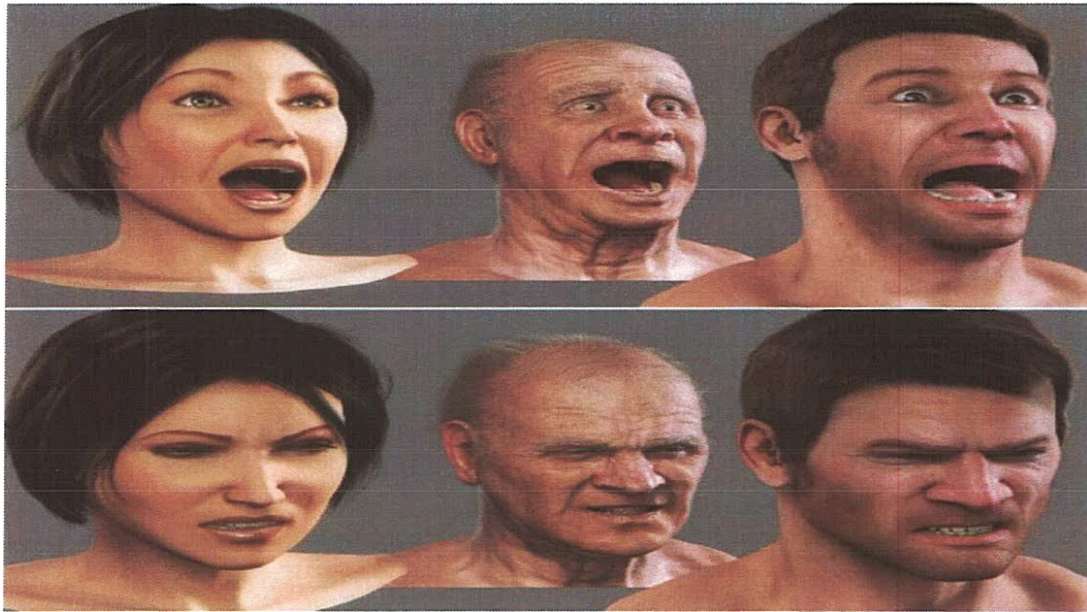


Figure 1.5. Animation faciale 3D.

6.2.Type d'animation faciale

L'animation de visage par ordinateur peut être décomposée en deux grandes familles répondant à des applications et des contraintes radicalement différentes.

a. 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 grandes qualités infographiques pour produire des animations réalistes. Cette méthode apparentée à celle du dessin animé, qui a été longtemps utilisée dans le domaine de cinéma. La technique a été améliorée en utilisant des calculs d'interpolation afin de réduire la charge de travail nécessaire pour concevoir les différentes animations. *[Garchery, 04]*

b. Animation faciale en temps réel

N'est plus nécessairement linéaire, mais peut être influencée et/ou modifiée par l'utilisateur ou par des interventions extérieures durant son exécution. L'emploi d'une telle technique d'animation impose davantage de contraintes que les animations non temps réel, autant sur la complexité du modèle utilisable, que sur les techniques de déformations employées, la production de modèle, la capacité à reproduire des images photo-réalistes utilisant les jeux de lumières et d'ombres.

Les avantages d'animation faciale temps réel :

- interaction : possibilité d'intervenir pendant le déroulement des animations.

- les animations peuvent être conçues à la volée suivant l’environnement, les désirs des utilisateurs.
- réduction des informations à transmettre et à stocker : un clone est ainsi capable de reproduire les expressions d’un interlocuteur distant en ne transmettant qu’un nombre restreint de paramètres par rapport à une vidéo (systèmes de paramétrisation)*[Stokes&Ragan]*

7. Technique d’animation faciale

Les techniques d’animation faciale ont beaucoup évolué ces 20 dernières années. Elles peuvent se regrouper en deux grandes catégories : 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.

7.1. Animation faciale purement synthétique :

Les méthodes purement synthétiques concernent toutes les techniques en animation faciales qui se font uniquement avec les logiciels d’animation. La réussite de l’animation repose essentiellement sur les talents de l’animateur et des outils fournis par les logiciels. Dans cette catégorie, il s’agira en premier de créer les modèles de bases dont chacun correspond à une expression du visage. Par exemple, on pourrait avoir les modèles 3D d’un visage neutre, souriant, en colère, faisant des grimaces, etc.*[web3]*

a. Interpolation de formes (Blendshape)

Les techniques de blendshape consistent à créer un espace linéaire d’expressions faciales et de réaliser des interpolations entre les formes de base pour en obtenir une nouvelle. Une expression est alors définie par une combinaison linéaire de n vecteurs, chaque vecteur définissant une forme. Dans le cas d’un maillage, il s’agit des coordonnées de chacun de ses sommets sachant que la topologie entre chaque forme doit être identique. Dans le cas d’un modèle spline, il s’agit de la position des points de contrôle

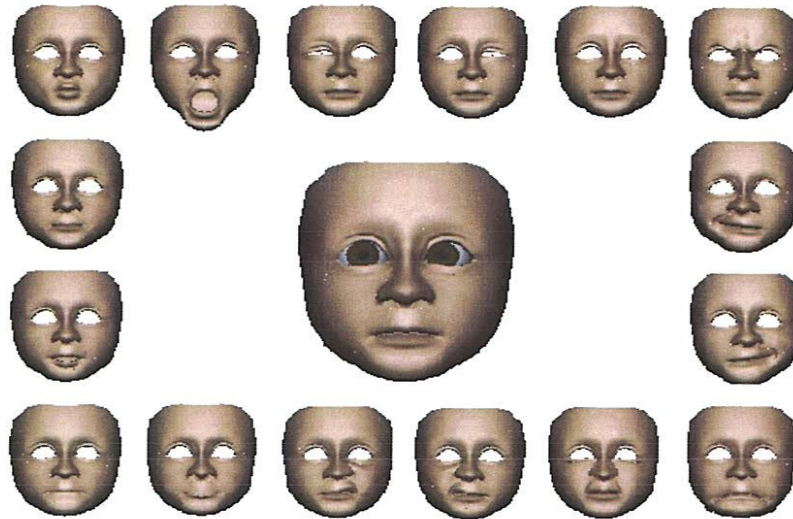


Figure 1.10. visage paramétrisé par blendshape.

b. Déformation de surface

La famille de paramétrisation par déformation de surface consiste à définir des paramètres directement sur la surface de l'objet, dont les modifications entraînent des déformations géométriques du visage. Tout en prenant en compte la structure physique sous-jacente du visage, ces techniques se basent principalement sur l'observation pour définir ces paramètres. L'idée n'est pas de reproduire la mécanique du visage, mais de reproduire ses effets visuels.

Déformation directe

La première paramétrisation proposée dans la littérature par Parke permet d'agir sur certaines parties du visage indépendamment comme le degré d'ouverture des paupières, la position des sourcils, etc. Cohen et al. ont ensuite proposé une amélioration de cette paramétrisation dans le cadre d'un système de synthèse vocale. Le système d'animation faciale proposé par Valve Software et utilisé dans de nombreuses productions de jeux vidéo consiste en une paramétrisation directe du visage par FACS, alors que sans paramétrisation il est nécessaire de stocker la géométrie complète du visage pour chaque frame ou frame clé de l'animation.

Déformation de forme libre

Pour générer les déformations faciales, il est possible d'utiliser les déformations libres (Free Form Deformation, FFD) disponibles dans les logiciels de modélisation 3D comme Maya, 3ds Max ou Blender et qui ont été développées initialement pour la déformation de surfaces géométriques. Leur principe est d'envelopper un objet ou une surface dans un espace et de déformer cet espace. Les déformations réalisées sur l'espace sont alors appliquées à l'objet

enveloppé. La déformation ne se fait pas directement sur l'objet, mais par le déplacement de points de contrôle positionnés à intervalle régulier sur ou dans l'espace défini. [Dutreve ,11]

7.2.L'animation faciale par capture de mouvement :

Pour les méthodes utilisant la capture des expressions faciales, il s'agit de recueillir des données acquises sur un acteur réel. Pour l'acquisition des données, on distingue les méthodes nécessitant des marqueurs et celles sans marqueurs (*markerless*). Les marqueurs sont souvent des objets réflecteurs qui sont faciles à détecter par un capteur magnétique ou bien optique. Le but est de pouvoir localiser en tout temps la position de chaque marqueur sur le visage de l'acteur réel afin d'animer le visage virtuel.

Chaque point caractéristique possède une zone d'influence sur les autres points du maillage du visage. Le déplacement des points caractéristiques entraîne une déformation du maillage et, par conséquent, produit l'animation du visage. [web03]



Figure 1.6. Capture de mouvement.

a. Suivi de marqueurs

L'un des moyens le plus utilisé pour réaliser une animation faciale pilotée par une personne réelle consiste à positionner des marqueurs sur le visage de l'acteur et de les suivre pendant l'animation. Ces marqueurs peuvent être des billes réfléchissantes collées sur le visage ou bien des points dessinés sur la peau. Les premiers travaux visant à reproduire l'animation d'un visage réel travaillent sur des images statiques et font varier les coordonnées textures 2D au cours du temps pour reproduire l'animation. [Dutreve ,11]



Figure 1.7. Mouvement du visage par suivi de marqueur.

b. Suivi de points caractéristiques sans marqueur

Le suivi de points caractéristiques a également été abordé avec ou sans les contours.

Un point caractéristique définit un point naturel du visage en opposition aux marqueurs ajoutés dans le cadre de l'acquisition. Les travaux de Pandzic et al. Permettent par exemple d'extraire en temps réel des paramètres de l'animation faciale comme l'ouverture des yeux, le déplacement vertical des sourcils, etc. [Dutreuve, 11]



Figure 1.8. Suivi de points de contrôle.

c. Modèles déformables

Bien que très répandu, le suivi de points n'est pas toujours utilisé. Les modèles déformables sont également beaucoup employés pour la capture d'animation. Les snakes déforment des courbes pour suivre les contours du visage et de ses organes comme les yeux ou la bouche. La

déformation des courbes est réitérée par minimisation d'énergie jusqu'à stabilisation sur les zones de contours.

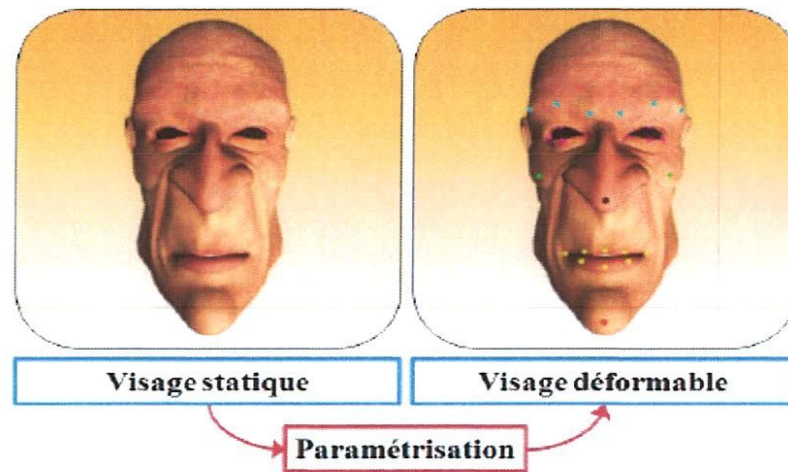


Figure 1.9. Modèle déformable.

8. Domaine d'application :

L'animation faciale peut être utilisée dans de nombreux domaines. 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.

Cinéma et télévision : Aujourd'hui, de plus en plus de films d'animation sortent chaque année. Les moyens métrages pour enfants, les spots publicitaires ou encore les clips musicaux utilisent aussi abondamment la 3D et les personnages virtuels.

Jeux vidéo :

Le visage a une grande importance dans les jeux vidéo qui sont de plus en plus réalistes, cependant l'aspect temps réel limite la qualité des expressions.

Aussi un personnage joue un rôle primordiale dans l'immersion du joueur ou de l'utilisateur.

Talking Head :

Des visages virtuels peuvent également être utilisés dans le cadre de « têtes parlantes ». L'animation est alors créée à partir de textes ou de sons et travaille sur la synchronisation des lèvres.

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. *[Albrecht & Schrioder,05]*

9. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons mené une étude approfondie sur l'état de l'art contenant les techniques considérées comme majeures dans ce domaine. Les différentes techniques de déformation ont été évoluées et nous avons vu émerger des systèmes de paramétrisation pour gérer les déformations du visage qui permettent d'animer un visage virtuel. Le chapitre qui suit se focalise sur le transfert d'animation faciale.

Chapitre 2. Technique de transfert

1. Introduction

L'animation faciale est un des domaines de l'informatique graphique les plus complexes et les plus vastes.

Des nombreux axes de recherche ont été développés dans ce domaine, parmi lesquels les techniques de transfert d'animation faciale. Dans ce chapitre, nous détaillerons quelques méthodes de transfert d'animation faciale à partir d'un visage réel vers un visage ou objet virtuel.

2. Définition du transfert d'animation faciale :

Le transfert automatique des mouvements de visage depuis un modèle existant (source) à un nouveau modèle (cible) peut enregistrer significativement des spécifications et animation soignée d'un modèle dans un nouveau modèle de visage. Les mouvements de visage d'une source ont plusieurs formats, comme des vidéos de visage 2D, Des données 3D capturées d'un mouvement de visage et des maillages des visages animées, tandis que les modèles cibles sont généralement des maillages statiques des visages 3D.

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

3. Quelques méthodes de transfert :

3.1. Expression cloning

L'approche proposée par Noh et al [*Jun & Ulrich, 01*] 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.

Cette approche est composée de 2 étapes :

- **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 2 modèles, Noh 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.

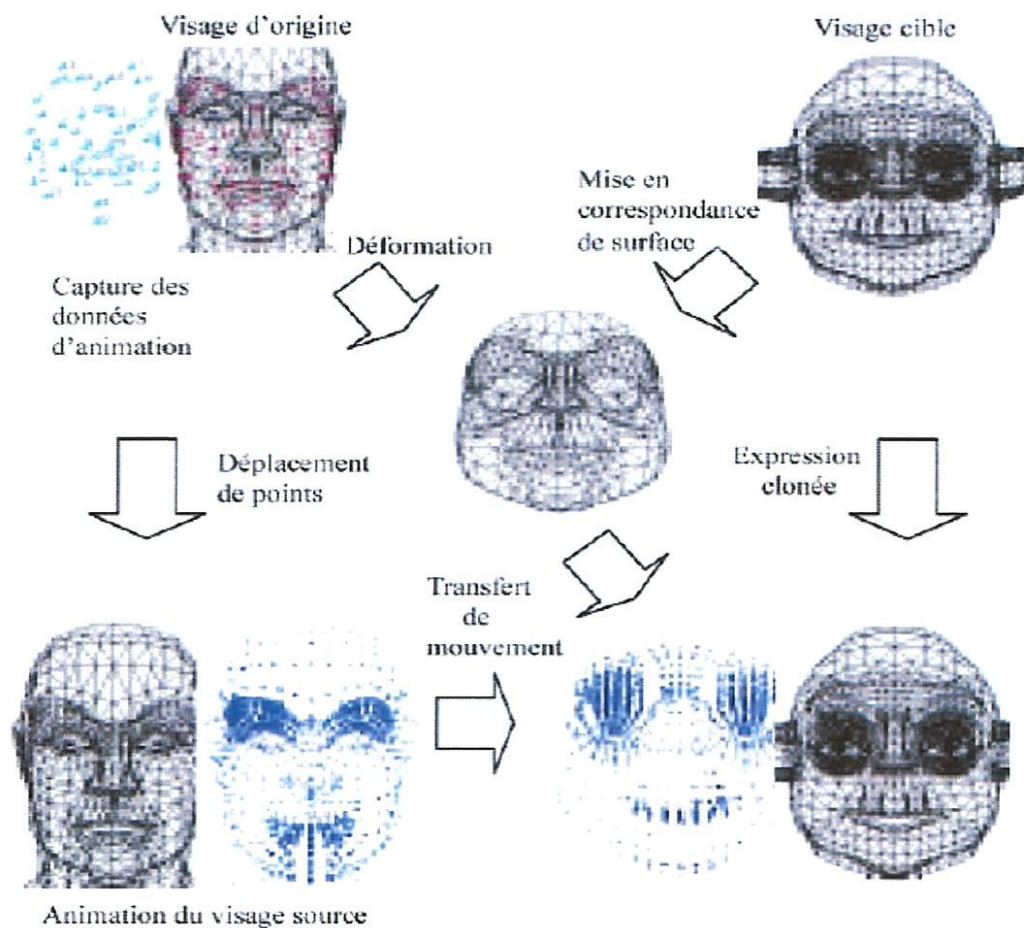


Figure 2.1 : Le clonage d'expression selon Noh

3.2. Motion cloning

Ce processus de clonage est proposé par Pandzic [Pandzic,03]. 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 d'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).
- **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.
- **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 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.

3.3. Clonnage d'expression faciale avec des modèles élastiques et musculaires

Cette approche est proposée par Yihao, et al [Yihao & al, 15]. 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.

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^{ère} 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^{ème} 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^{ème} 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.

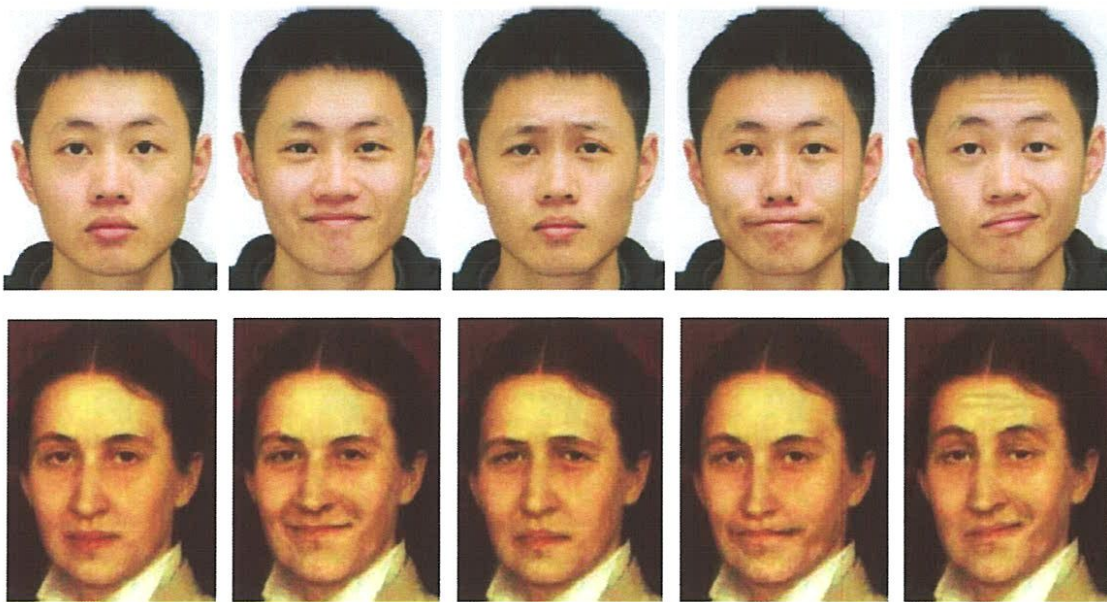


Figure 2.2 : Résultat de transfert par clonage d'expression faciale avec des modèles élastiques et musculaires [YWBZBJ, 15]

3.4. Transfert guidé par l'image et re-éclairage 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 minimale, 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.

Dans ce travail, ils proposent deux méthodes dans lesquelles un modèle 3D morphable harmoniques sphériques peut générer des images sous de nouvelles conditions d'éclairages avec une qualité remarquable, même si une seule image sous un éclairage inconnu est disponible, non seulement pour les points statistiques mais pour les séquences dynamiques. [Lei& Yang,05]

3.5.Animation faciale 3D linéaire basée sur des données réelles

Proposé par Andréa & Jesus & Roberto & Luiz [A.Britto,10]. Dans ce travail, les auteurs présentent une animation faciale à l'aide de véritables modèles en trois dimensions de personnes acquies 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 visème, qui ne font pas partie des expressions de l'ensemble de données, et leur 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.

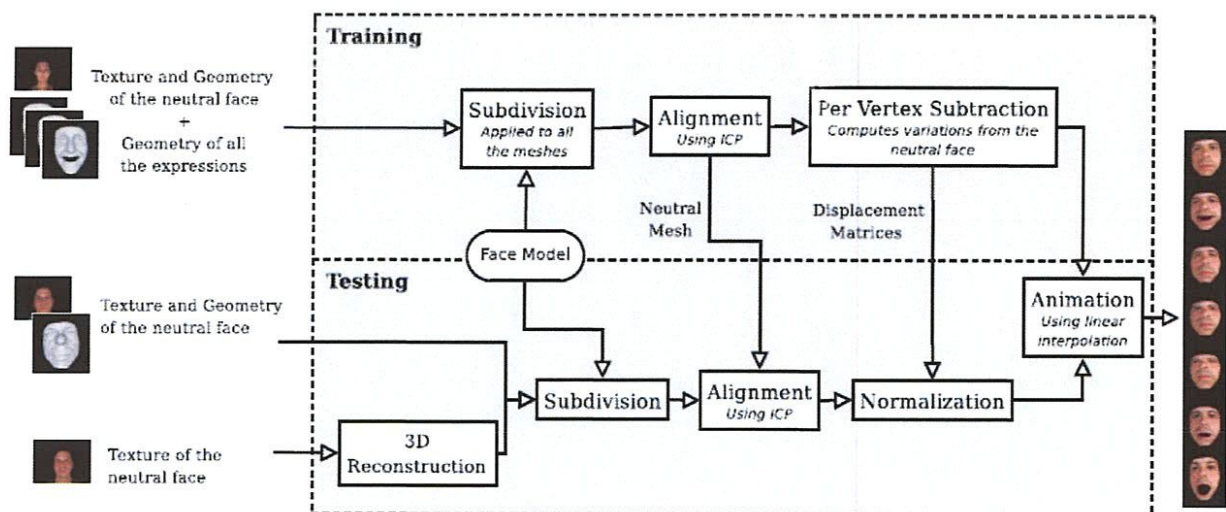


Figure 2.3 : Les étapes de système Animation faciale 3D linéaire basée sur des données réelles [A.Britto,10]

3.6. Une approche de transfert des expressions faciale guidée par les données

Cet article présente une approche 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 pré-existante base de données d'expressions faciales du sujet cible pour atteindre une synthèse réaliste. 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. [K.Li,14]



*Figure 2.4 : Résultat de transfert des expressions faciale guidée par les données
[K.Li,14]*

3.7. 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 3D. L'approche produit un transfert précis, réaliste et lisse. En outre, la méthode est efficace et pratique, et l'interface est intuitive. La technique proposée surpasse les méthodes précédentes basées sur l'apprentissage et de l'anatomie en termes de la vitesse et de l'applicabilité. 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. [Hui&chiew,10]

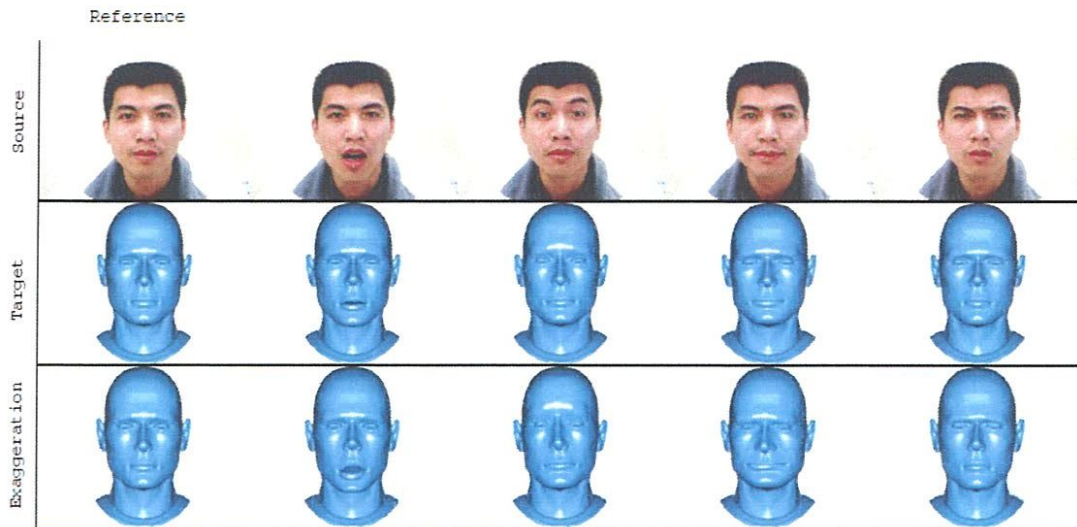


Figure 2.5 : Résultat de transfert par déformation laplacienne [Hui&chiew ,10]

3.8. Transfert par les fonctions à base radiale (RBF)

Les fonctions à base radiale (RBF) sont une série de techniques d'interpolation exacte qui impliquent le passage de la surface par chaque valeur d'échantillon mesuré. [Dutreuve ,11]

Une RBF est constituée de 3 couches 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 phase d'initialisation

- Elle est calculée sur les points de contrôle des visages en position neutre
- Cette étape n'est réalisée qu'une seule fois pour les deux visages.
- Elle applique l'interpolation aux points de contrôle déformés pour obtenir leurs positions dans l'espace du visage cible

La phase de transfert:

- L'interpolation est appliquée à chaque frame de l'animation
- Elle permet d'obtenir l'animation du visagécible dont le déplacement des points caractéristiques ont été adaptés à sa propre morphologie.

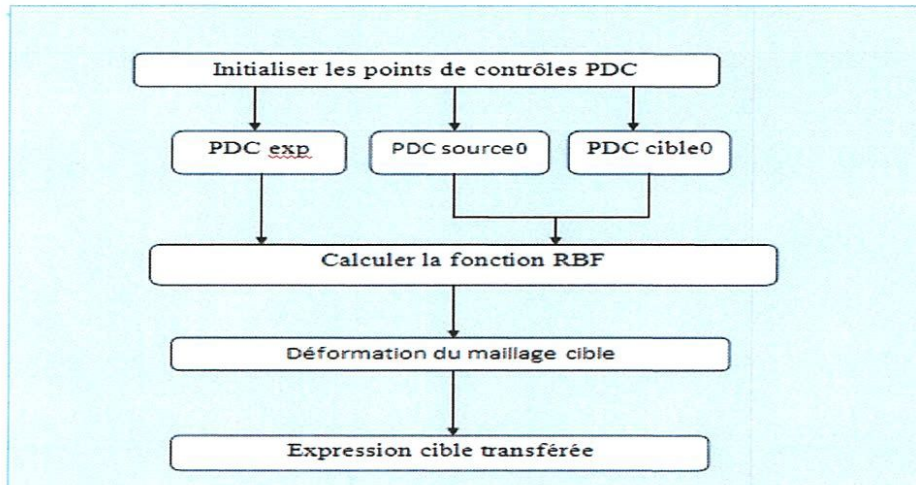


Figure 2.6 : Présentation de transfert d'animation faciale par fonction à base radiale

La zone d'influence

Lorsque l'on souhaite définir des régions d'influence, il est nécessaire 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 :

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.

4. Conclusion :

L'animation faciale est un des domaines de l'infographie. C'est aussi un des moins évidents; c'est pourquoi il y a tant de pistes différentes qui ont été explorées.

Nous nous intéressons particulièrement au transfert d'animation faciale, différentes méthodes existent déjà, nous avons brièvement présenté quelques-unes dans ce chapitre.

Chapitre 3. Conception

1. Introduction

Dans notre travail, nous nous intéressons au transfert d'expression faciale d'un visage réel vers un objet virtuel. Pour le réaliser, nous utilisons la méthode de transfert par les fonctions à base radiale (RBF). Dans ce qui suit, Nous présentons le schéma général de notre méthode. Après, nous détaillons les différentes étapes impliquées dans cette approche.

2. Problématique

Le but de ce projet de fin d'étude est de concevoir et réaliser une application permettant de transférer des expressions faciales d'un visage source (visage réel 2D) à un visage cible (objet virtuel 3D)

Les entrées sont :

- Le visage source en état neutre
- Le visage source avec différents expressions
- Le visage cible en état neutre

Les sorties sont :

Le visage cible (l'objet virtuel) avec les expressions du visage source transférées.

3. Architecture générale :

Les principales étapes de notre application sont :

- Chargement de la vidéo source (qui débute par l'état neutre du visage source puis quelques expressions faciales)
- Fragmentation de la vidéo.
- Détection de visage et des points de contrôle dans les frames.
- Sélection des points de contrôle dans l'objet virtuel 3D
- Calcul de la fonction à base radiale (calcul des poids)
- Déformation du maillage cible par application de la RBF calculée.
- Calcul des zones d'influence des points de contrôle sur chacun des sommets du maillage.

Le schéma suivant illustre les étapes de notre conception :

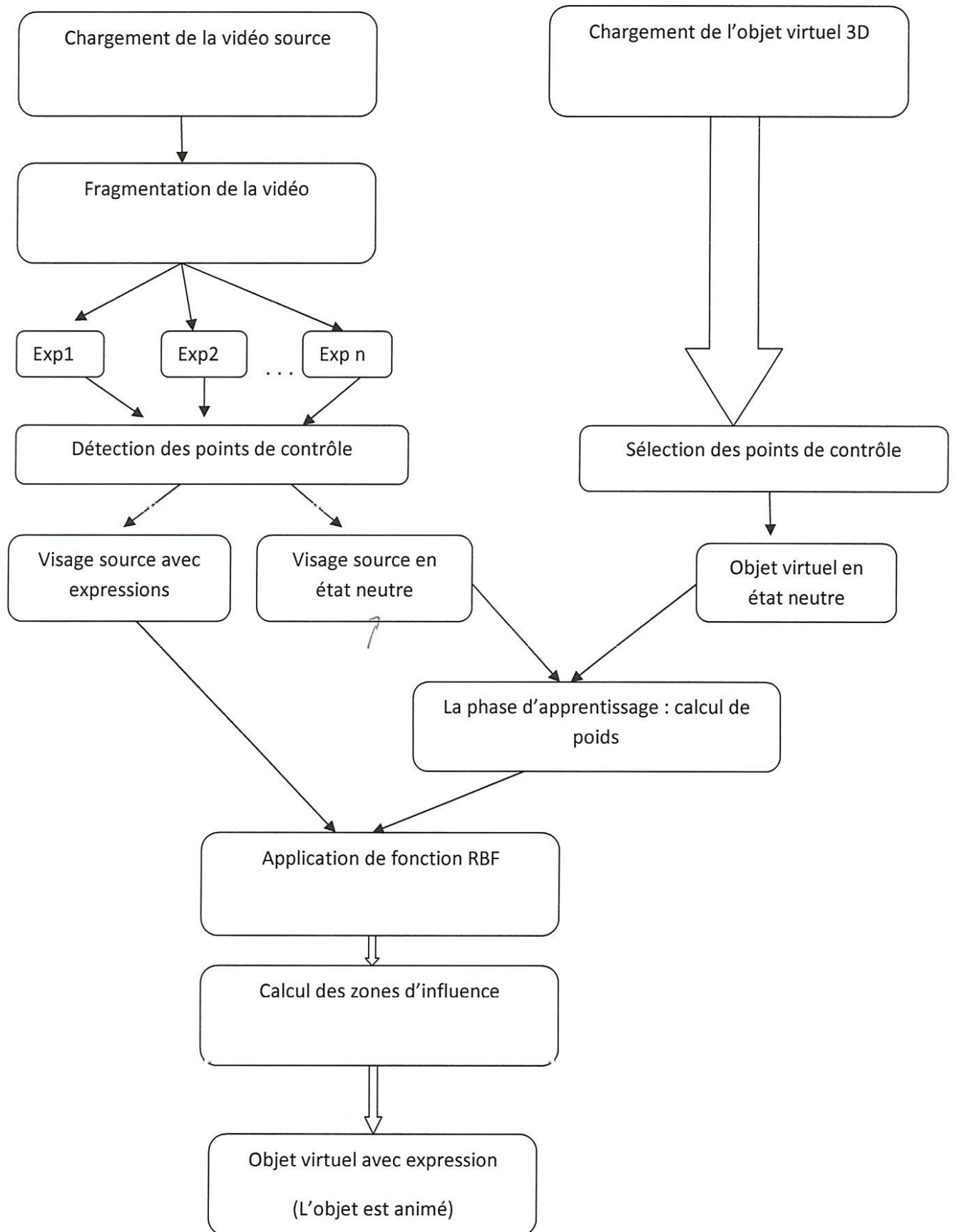


Figure 3.1 : l'architecture générale de l'application

4. Les étapes du transfert par RBF :

4.1.Chargement des entrées :

- chargement de la vidéo source en segmentant cette vidéo en plusieurs frames.
- chargement de l'objet virtuel (visage cible).

4.2.Détection des points de contrôle :

Le processus d'initialisation des points de contrôles s'applique sur le visage source et le visage cible dans l'état neutre. Il est appliqué par structures des données utilisées par API FaceSDKLuxand

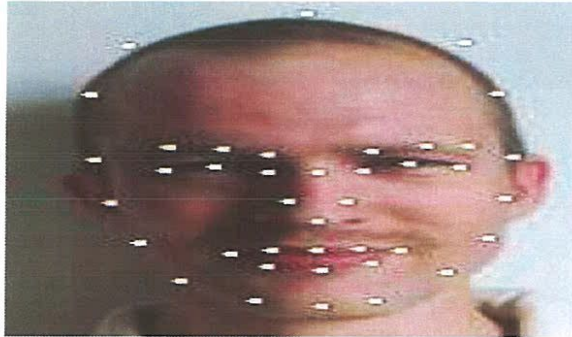


Fig 3.2 : les points de contrôles selon FaceSDK

5. Calcul de la fonction à base radiale :

- **Phase d'apprentissage (calcul des poids)** Ce processus représente la phase d'initialisation de l'interpolation par RBF calculée sur les points de contrôle des deux visages dans la position neutre. Cette étape n'est réalisée qu'une seule fois pour les deux visages. Nous calculons une RBF pour chaque axe \vec{x} , \vec{y} .

Soit \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 quelconque du maillage.

- La phase d'apprentissage est effectuée sur le système d'équations suivant :

$$F(\vec{S}_j) = \vec{t}_j = \sum_{i=1}^N w_i \cdot h(\|\vec{s}_j - \vec{s}_i\|) \quad (3.1)$$

Avec :

$$h(\|\vec{s}_j - \vec{s}_i\|) = \sqrt{h \cdot (\|\vec{s}_j - \vec{s}_i\|)^2 + sc_j^2} \quad (3.2)$$

$$sc_j = \min_{i \neq j} (\|\vec{s}_j - \vec{s}_i\|) \quad (3.3)$$

Cette dernière représentant la distance minimale entre \vec{s}_j et les autres PdC.

N : correspond au nombre de PdC et w_i les poids à calculer .Soit H la matrice telle que :

$$H_{i,j} = h . (\|\vec{s}_j - \vec{s}_i\|) \quad (3.4)$$

Trouver les poids w_i correspond à résoudre l'équation :

$$W = H^{-1} . \vec{t} \quad (3.5)$$

Avec :

$$\vec{t} \in \{\vec{tx}, \vec{ty}\}$$

Et

$$\vec{tx} = \{tx_0, tx_1, \dots, tx_n\}$$

tx_i représentant la coordonnée sur l'axe \vec{x} du PdC t_i après déplacement. En fait, la seule différence de calcul entre les deux axes se situe au niveau de cette multiplication matricielle qu'il faut donc effectuer deux fois. Un terme de régularisation est ajouté, il sert à diminuer l'importance du bruit éventuel dans les calculs. L'équation à résoudre devient donc :

$$W = (H + \square I)^{-1} . \vec{t} \quad (3.6)$$

Il suffit d'utiliser le calcul matriciel, il faut, donc, inverser la matrice :

$$H + \square I \quad (3.7)$$

➤ **Phase de transfert** A l'issue de l'étape précédente, on a deux poids calculés en ignorant la troisième dimension, ce qui nous permet de faire la transformation nécessaire c'est-à-dire l'interpolation à base de RBF qui déforme le maillage cible comme le maillage source.

En d'autres termes, Une fois les poids w_i trouvés, il est possible de connaître les nouvelles coordonnées interpolées de chaque point \vec{a} .

Pour cela, il suffit de calculer l'équation :

$$F(\vec{a}) = \sum_{i=1}^N w_i . h(\|\vec{a} - \vec{s}_i\|) \quad (3.8)$$

La déformation du maillage cible :

Il nous reste maintenant à déformer l'intégralité du maillage cible avec les nouveaux points de contrôle pour lui donner l'expression désirée. Pour cela, il faut calculer pour chaque point ordinaire (un point du maillage qui n'est pas point de contrôle) une zone d'influence.

Les zones d'influence :

Une fois les points de contrôle du visage cible obtenus, il faut transférer les autres informations nécessaires à l'animation par skinning.

Nous définissons le poids pour chaque sommet tel que

$$\sum w_i = 1 \text{ avec } w_i \text{ le poids } i^{\text{ème}} \text{ point et } w_i \in [0, 1].$$

Un poids de 0 signifie que le point caractéristique n'a aucune influence sur le sommet actuel, tandis qu'un poids d'une valeur de 1 signifie que le sommet actuel est influencé seulement par ce point caractéristique.

La nouvelle position de vertex \vec{V} dans l'image f est :

$$\vec{V} = \vec{V0} + \sum_i^N w_i \cdot d_i \quad (3.9)$$

L'influence des points des contrôles sur les nouvelles positions est quantifiée par la formule suivante :

$$W_{ij} = \max(0, 1 - (d_x^2/r_x^2 + d_y^2/r_y^2 + d_z^2/r_z^2)) \quad (3.10)$$

Avec :

$$\left\{ \begin{array}{l} (r_x, r_y, r_z) \text{ les trois axes de l'ellipsoïde.} \\ (d_x, d_y, d_z) \text{ la distance entre points de contrôle et la nouvelle position.} \end{array} \right.$$

5. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons présenté l'approche utilisée pour le transfert des animations faciale vers un objet virtuel. Nous avons détaillé les différentes étapes impliquées dans l'approche proposées tout en éclaircissant et en motivant les choix faits.

Chapitre 4. Réalisation

1. Introduction

Dans ce chapitre, nous allons présenter l'application que nous avons développée pour le transfert d'animation faciale d'un visage 2d vers un objet 3D.

Dans un premier temps, nous donnons un aperçu sur l'environnement de développement. Ensuite, nous présentons les objets utilisés le long de nos expérimentations. Après, nous décrivons les étapes de fonctionnement de l'application et ses différentes fonctionnalités. Dans la dernière section, nous présentons les résultats obtenus.

2. Environnement de développement

2.1. Environnement matériel

PC utilisé :

- Type : micro-ordinateur portable.
- Processeur : Intel(R) Core(TM)2 Duo (2,00 GHZ).
- RAM : une barrette de 4.00 Go.
- Carte graphique: 1Go.
- Disque durc : 320Go.

2.2. Environnement logiciel

Lors de l'implémentation de notre application, nous avons utilisé plusieurs logiciels, que nous présentons dans ce qui suit:

a) Java

Définition

C'est un langage de programmation orienté objet, développé par Sun Microsystems. Il permet de créer des logiciels compatibles avec de nombreux systèmes d'exploitation (Windows, Linux, Macintosh, Solaris). Java donne aussi la possibilité de développer des programmes pour téléphones portables et assistants personnels. Enfin, ce langage peut être utilisé sur internet pour des petites applications intégrées à la page web (applet) ou encore comme langage serveur[web04].

Les caractéristiques

Les principales caractéristiques qui ont largement contribué à son énorme succès :

- Java est interprété : la source est compilé en pseudo code ou byte code puis exécuté par un interpréteur Java : la Java Virtual Machine (JVM).

Java est indépendant de toute plate-forme : il n'y a pas de compilation spécifique pour chaque plateforme. Le code reste indépendant de la machine sur laquelle il s'exécute. Il est possible d'exécuter des programmes Java sur tous les environnements qui possèdent une Java Virtual Machine.

- Java est orienté objet : comme la plupart des langages récents, Java est orienté objet. Chaque fichier source contient la définition d'une ou plusieurs classes qui sont utilisées les unes avec les autres pour former une application.

- Java assure la gestion de la mémoire : l'allocation de la mémoire pour un objet est automatique à sa création et Java récupère automatiquement la mémoire inutilisée grâce au garbagecollector qui restitue les zones de mémoire laissées libres suite à la destruction des objets.

- Java est multitâche : il permet l'utilisation de threads qui sont des unités d'exécution isolées. La JVM, elle-même utilise plusieurs threads .

Pourquoi Java ?

En raison de sa structure orientés objet, nous pouvons diviser le système en classes. Nous pouvons diviser chaque fonction et structure des données dans des catégories distinctes. Nous avons adopté Java pour sa clarté, sa puissance d'expression, son organisation de langage à objets, sa portabilité, un autre avantage de ce langage de programmation réside dans le fait que sa syntaxe est analogue celle de C++ ce qui le rend économique et professionnel *[web05]*.

b) Eclipse

Notre système a été développé en langage de programmation Java, avec l'environnement de développement Eclipse mars 3.4 (voir figure 4.1).

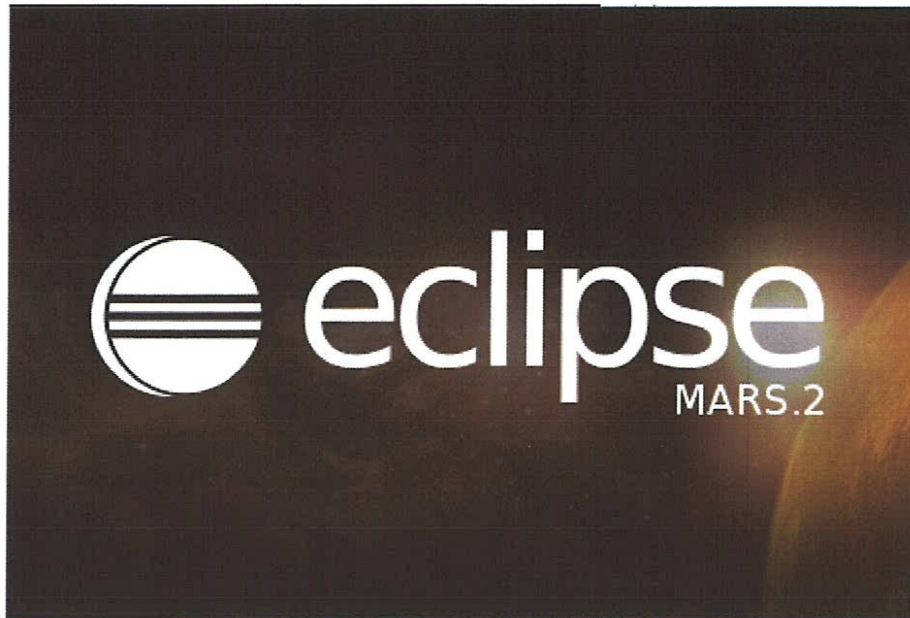


Figure 4.1. Sigle d'Eclipse.

Eclipse est un IDE, *IntegratedDevelopmentEnvironment* (EDI environnement de développement intégré en français), c'est-à-dire un logiciel qui simplifie la programmation en proposant un certain nombre de raccourcis et d'aide à la programmation. Il est développé par IBM, libre, gratuit et disponible pour la plupart des systèmes d'exploitation [web06].

c) 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 3 et 4 côtés pour faire un maillage, il peut enregistrer en suite le modèle comme un fichier Wavfront (.obj) que nous avons utilisé pour importer un modèle de visage 3D dans notre application [web07].

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

➤ **Format «.obj»**

Un fichier Wavfront (.obj) est un fichier texte constitué de listes de données avec des informations sur les sommets, faces/polygones et de textures. Le niveau de détail peut être modifiée par le nombre de polygones à utiliser pour modéliser le visage.

Le format **.obj** est très intéressant et il est supporté par tous les logiciels de 3D. Il est capable de gérer les objets de type mesh, certaines propriétés de matières, le dépliage UV et l'animation image par image [web08].

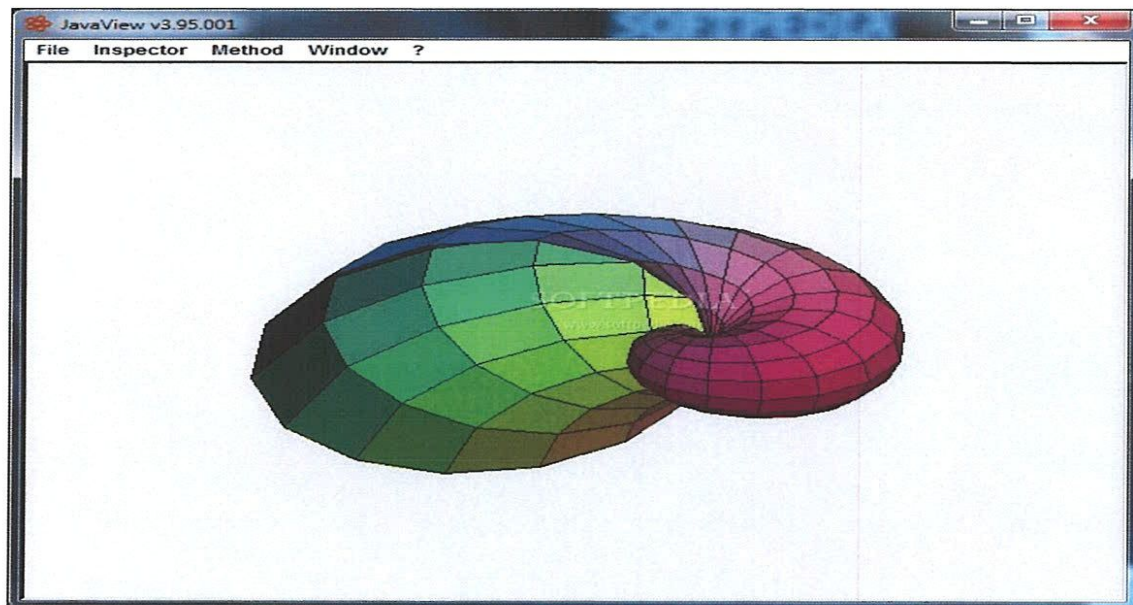


Figure 4.2. Visionneur JavaView.

d) LuxandFaceSDK

LuxandFaceSDK peut sélectionner des visages humains et des photos de retour qui contiennent les coordonnées des traits du visage, le rendant facile à assortir les traits du visage de la photographie avec les fonctionnalités correspondantes sur la tête 3D.

Il est implémenté comme une DLL Win32 hautement compatible et supporte les environnements de développement populaires.

Nous l'avons utilisé pour la détection des points de contrôles sur le visage source dans l'état neutre et avec expressions[web09].

- Le visage source : La détection de points de contrôles est appliquée par structures des données utilisées par API FaceSDKLuxand
- Points caractéristiques : Les points caractéristiques sont contenus dans un tableau de 25 éléments de TPoint. Chaque élément a un emplacement bien précis.

3. Les objetsvirtuels

Comme on s'intéresse dans notre travail aux objets virtuels 3D, nous avons modélisé des objets virtuels pour pouvoir les utiliser dans le transfert, la validation et le test de notre application.

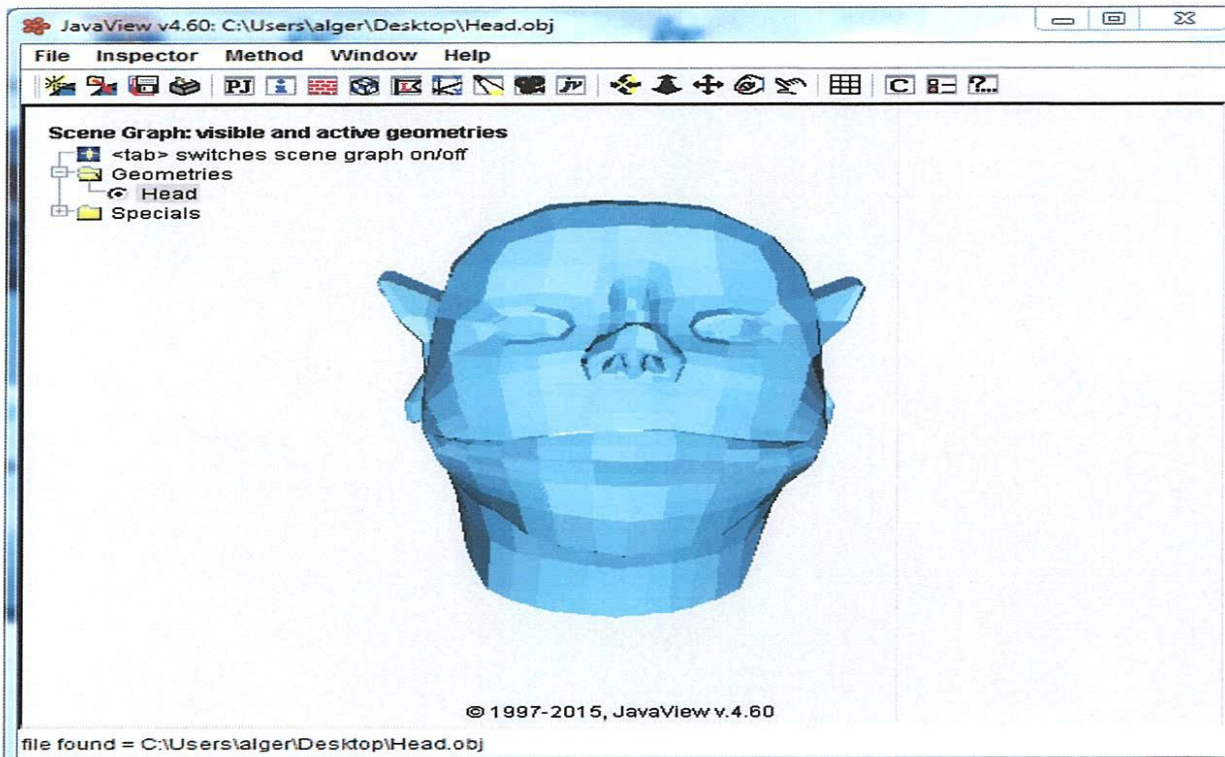


Figure 4.3. Objet virtuel 3D modélisé par blender.

La figure suivante présente quelques exemples d'images d'objet 3D de notre collection :

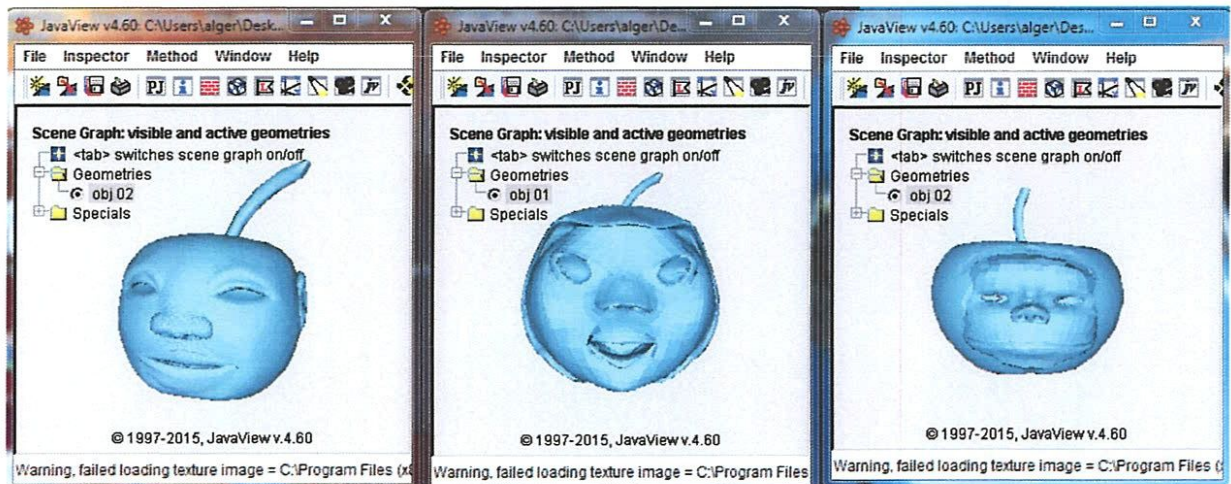


Figure 4.4. Exemples d'images de la collection de test.

Ces objets sont créés par un logiciel de modélisation, d'animation et de rendu 3D, grâce aux nouvelles fonctionnalités qu'il peut modéliser plus efficacement, c'est : *3DS MAX*

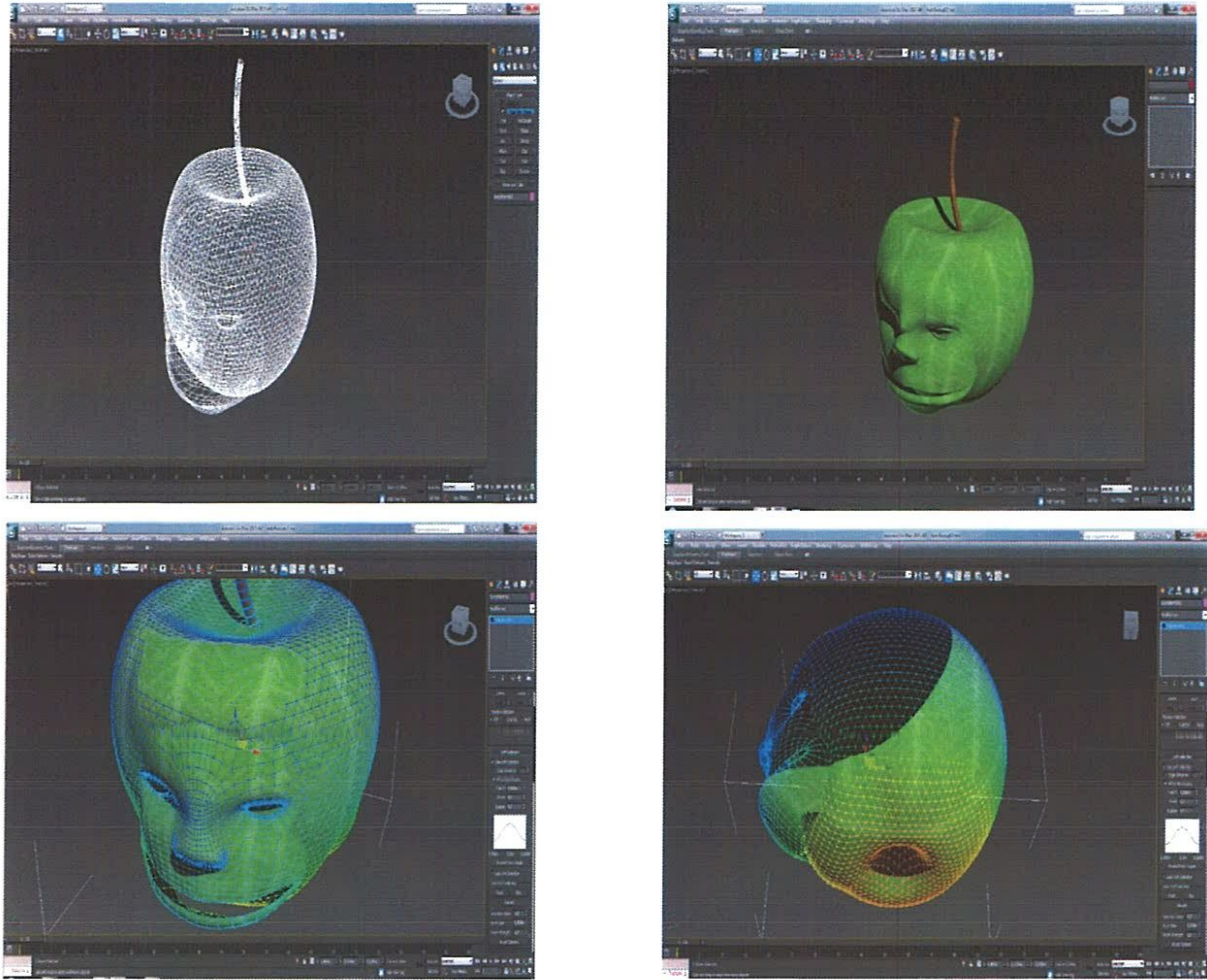
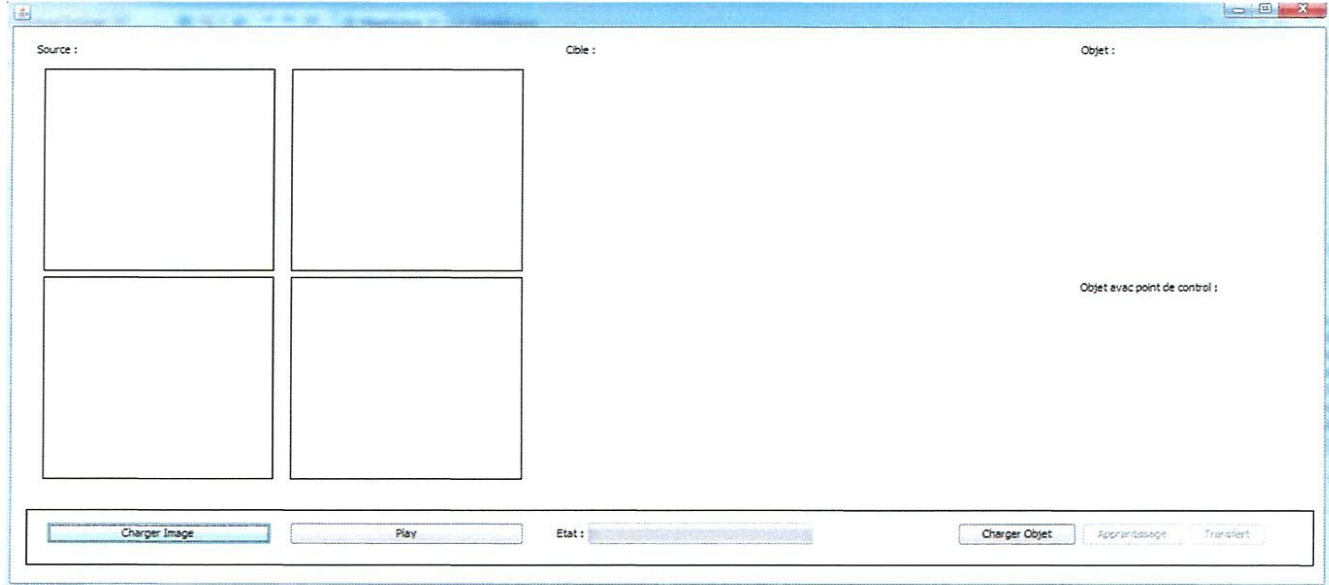


Figure 4.5. Modélisation d'une pomme 3D par 3DSMAX.

4. l'implémentation :

L'interface principale de notre application est comme suit :

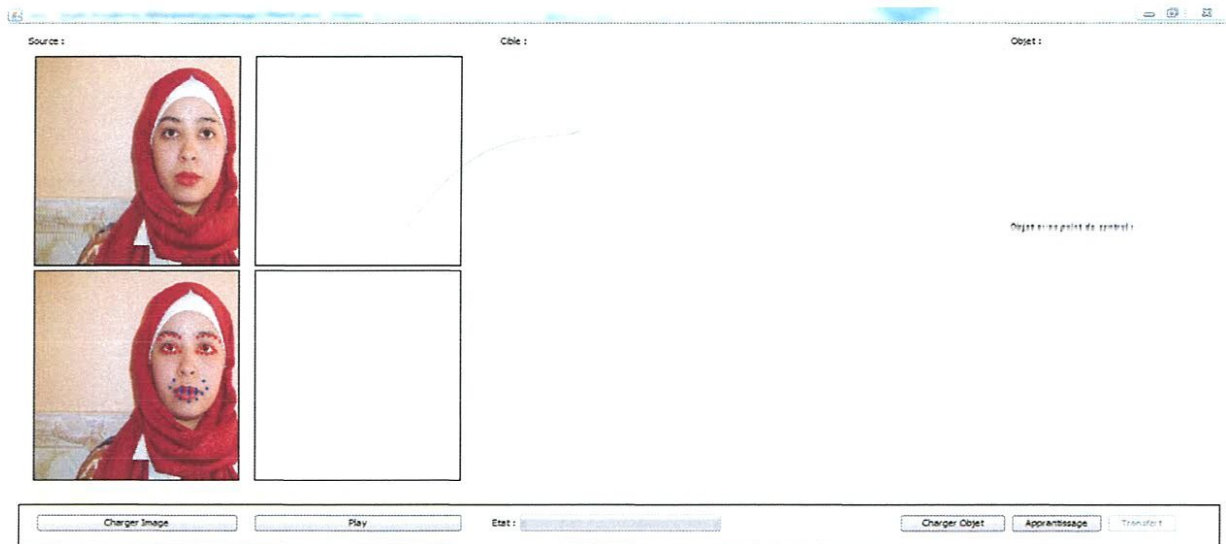


A partir de cette fenêtre, on peut choisir une de quatre actions en appuyant sur le bouton correspondant

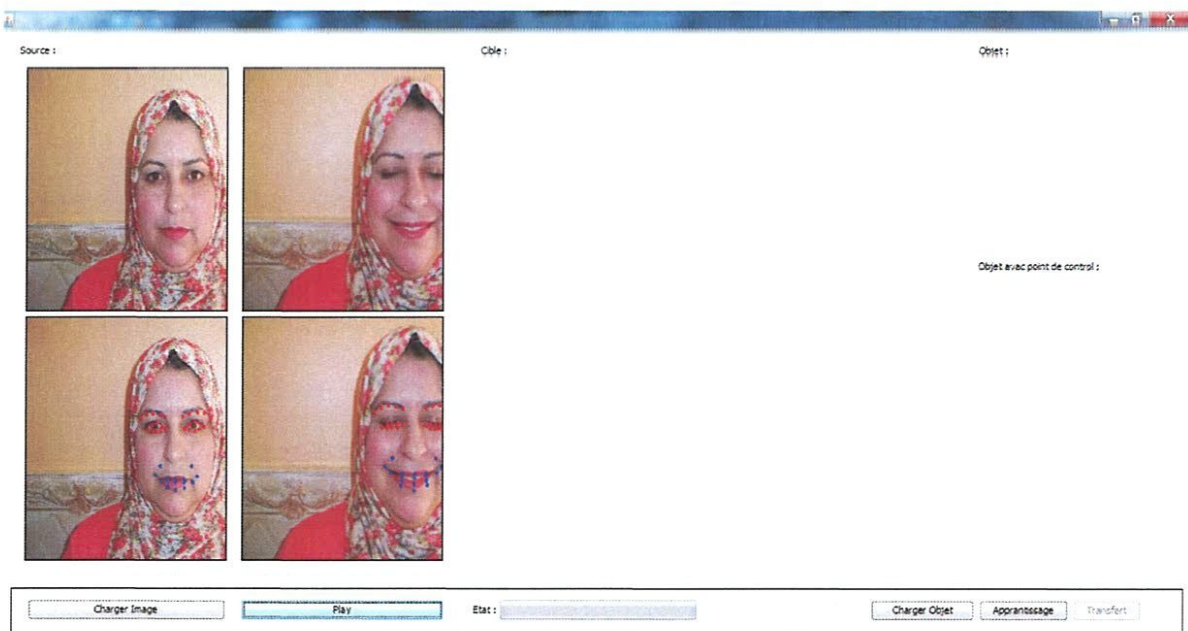
1. Chargement de la vidéo du visage source
2. Chargement de l'objet virtuel (visage cible)
3. Lancement de l'apprentissage par bouton Apprentissage
4. Animation de l'objet virtuel par bouton transfert

4.1. Chargement de la vidéo du visage source

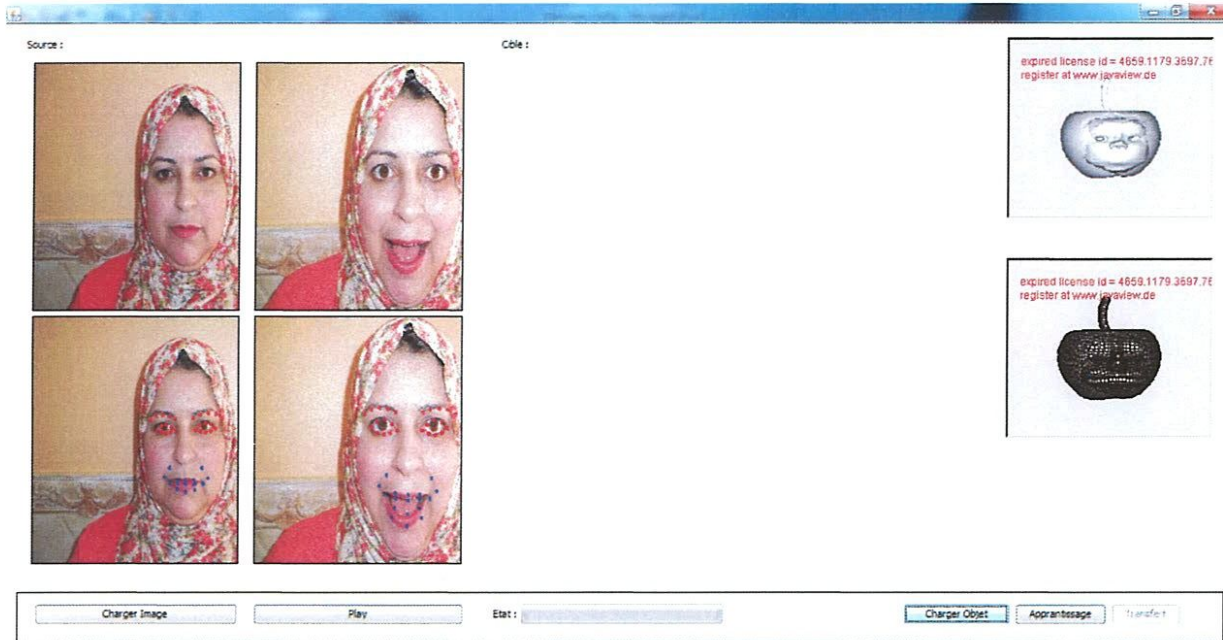
Si on clic sur le bouton *charger image*, on charge le visage en état neutre



Et le bouton play pour charger la vidéo comme le présente cette figure:



4.2. Chargement d'objet virtuel 3D



4.3. Détection des points de contrôle

Le processus d'initialisation des points de contrôles s'applique sur le visage source et le visage cible en état neutre et avec expressions :

Le visage source : La détection de points de contrôles est appliquée par structures des données utilisées par API FaceSDKLuxand. Les points caractéristiques sont contenus dans un tableau de 44 éléments de TPoint. Chaque élément a un emplacement bien précis.

L'objet virtuel 3d : La détection des points de contrôle dans l'objet virtuel est faite manuellement. Pour chaque points de contrôle choisi dans le visage source, un point correspondant est choisi dans le visage cible (objet virtuel)

Les points caractéristiques de visage	Les valeurs
la bouche : 14 points	3, 4, 54, 55, 56, 58, 59, 57, 60, 61, 62, 63, 64, 65
les joues : 4 points	50, 51, 52, 53
œil gauche : 8 points	25, 26, 31, 32, 39, 40, 41, 42
œil droite : 8 points	23, 24, 27, 28, 35, 36, 37, 38
sourcil gauche : 5 points	12, 13, 17, 18, 19
sourcil droite : 5 points	14, 15, 17, 20, 21

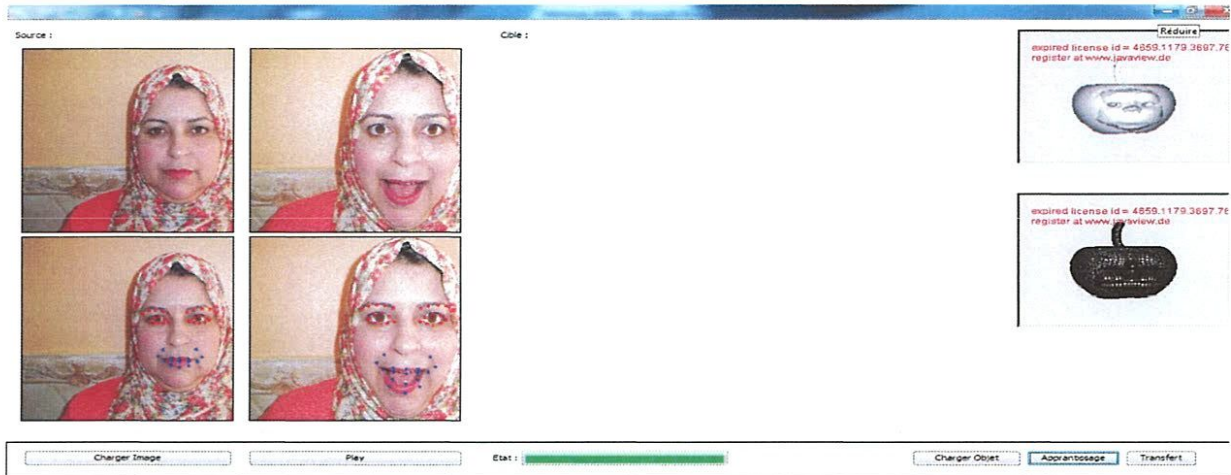
Tableau 4.1 le choix des points de contrôle du visage source.

Les points caractéristiques de l'objet virtuel	Les valeurs
la bouche : 14 points	1930, 5267, 5260, 5224, 3558, 13623, 13607, 13668, 10365, 10375, 3981, 5106, 4413, 4328
les joues : 4 points	4265, 4205, 4120, 4609
œil gauche : 8 points	12615, 12731, 12802, 12864, 12362, 12440, 13090, 13099
œil droite : 8 points	3237, 2950, 8333, 11350, 11739, 11874, 11935, 3474
sourcil gauche : 5 points	2350, 2893, 10789, 10918, 8321
sourcil droite : 5 points	3080, 1517, 9958, 892, 11655

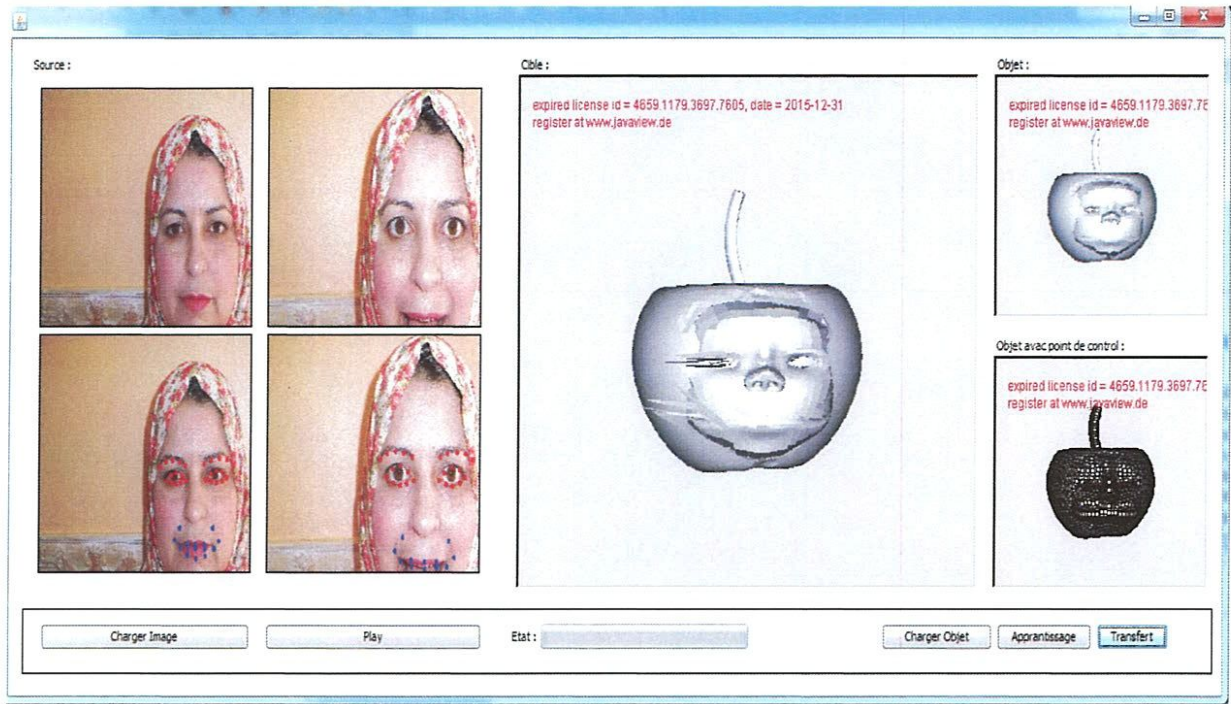
Tableau 4.2 le choix des points de contrôle d'un objet virtuel.

4.4. Détection des points de contrôle

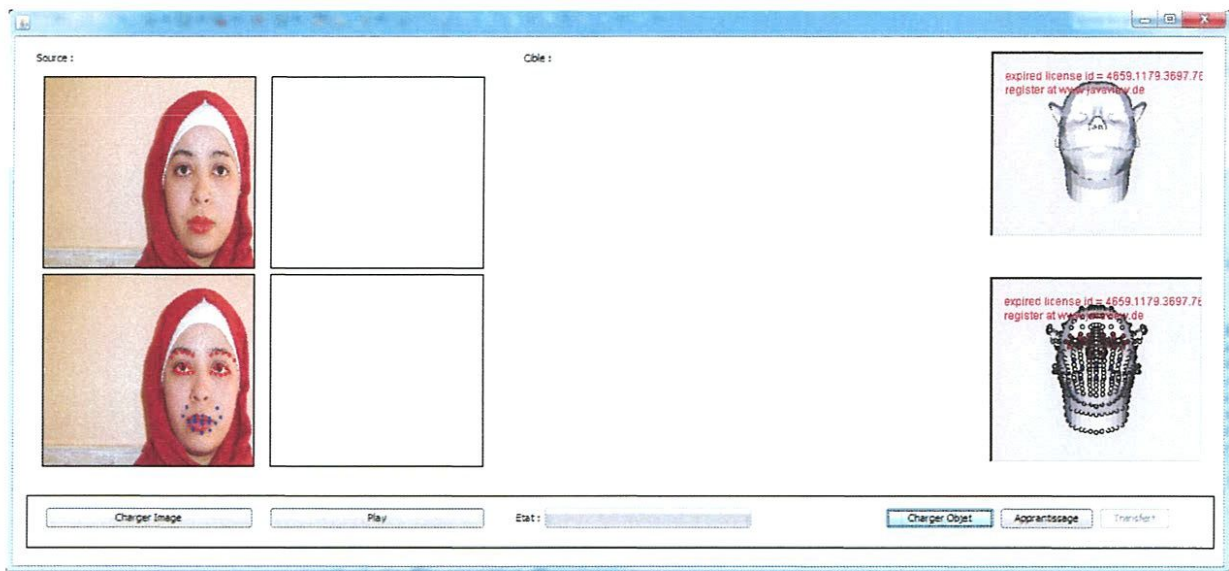
Après, il faut choisir la commande « Apprentissage », pour lancer les calculs de la fonction à base radiale:

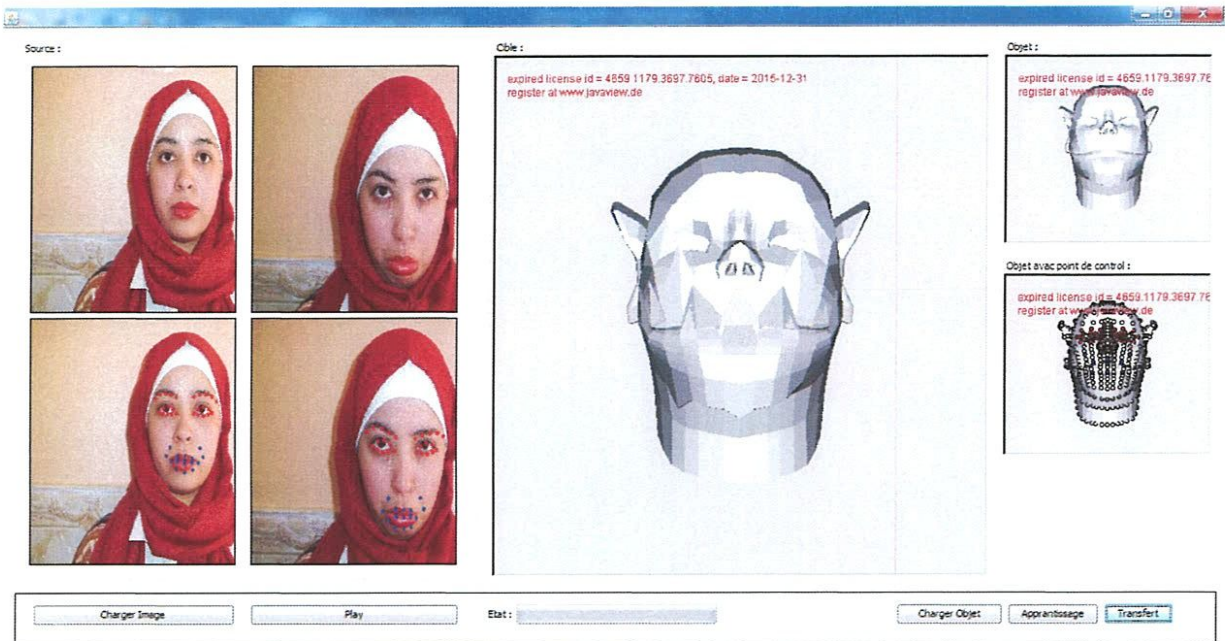


Pour lancer le transfert par fonction à base radiale, nous cliquons sur « Transfert ». Voir les figures suivantes :



Le transfert dans cette figure présente le transfert avec un autre visage source et un autre objet virtuel 3D:

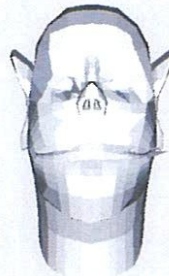
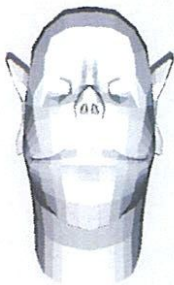




Le transfert avec une autre expression faciale :



5. Résultats obtenus



register at www.javaview.de/



Nous avons testé notre application : le transfert se fait sur ensembles des objet virtuels (le visage cible) qui des maillages 3d,l'affichage de visage virtuel sous format .off résulte un transfert des expressionsquin'est pas très clair et réaliste et qui ne reflète pas exactement l'expression désirée comme sur le visage source. Cela est dû, à notre avis à plusieurs raisons :

- La détection des points de contrôle n'est pas parfaite

- L'objet virtuel peut être mieux modélisé (c'est tous ce que nous avons pu faire avec notre petite expérience de la modélisation tridimensionnelle).

6. Conclusion

Nous nous sommes intéressés dans ce dernier chapitre à la réalisation de notre application, que nous avons suivi étape par étape. Au cours de ce travail, nous avons tenté d'apporter certaines solutions aux problèmes rencontrés. Malgré l'évolution rapide des techniques et la qualité dans le domaine de l'animation faciale, de nombreux points sont encore à améliorer comme le travail sur les détails fins dynamiques(texture et rides) qui permet d'améliorer le réalisme des scènes virtuelles.

Conclusion générale et perspectives

Dans ce mémoire, nous avons présenté un domaine très important et récent dans l'infographie, c'est l'animation faciale. Une étude est présentée comportant les notions importantes liées à un visage, ainsi qu'un état de l'art des travaux menés jusqu'à présent sur l'animation faciale. Il existe deux familles de méthode d'animation faciale: le transfert et la synthèse d'animation. Notre projet concerne le transfert d'animation faciale. Cette dernière comporte plusieurs approches qui ont été amplement détaillées dans ce mémoire.

Nous avons présenté dans un premier temps la modélisation de visage 3D. Dans une deuxième partie : Le terme d'animation est très large et englobe en fait un nombre important de techniques s'appliquant à des niveaux diverses.

Nous avons choisis d'étudier et de développer la méthode de transfert d'animation faciale avec les fonctions à base radiale pour animer un ensemble des objets virtuels 3D et réaliser les déformations de leurs maillages. Enfin, dans la dernière partie, l'implémentation et le développement de notre application sont présentés en détail. Lors de la réalisation de ce travail, nous avons appris beaucoup de chose comme : la programmation en java, la modélisation tridimensionnelle, ainsi que l'utilisation de différents logiciels comme le LuxandFaceSDK.

Les majeurs problèmes que nous avons confrontés sont :

- Le matériel informatique est insuffisant pour produire des modèles 3D réalistes dans des délais raisonnables.
- Le calcul des zones d'influence des points de contrôle dans la zone de la bouche nous a causé un grand obstacle du fait de la topologie du modèle qui n'est pas régulière dans cette partie.

Ainsi, quelques perspectives sur des futurs travaux peuvent être proposés tel que

- Résoudre les problèmes de transfert au niveau de la bouche et des yeux.
- Travailler sur les textures, pour appliquer les détails fins d'une animation (rides...)
- Utiliser des méthodes qui prennent en compte les textures des maillages.

Références

- [Albrecht & Schrioder,05]I.Albrecht ,M.Schroder , H-P.Sseidel , « Expression of non-basic emotions in a muscle-based talking head », Article virtual reality ,Volume8, Issue P04, (2005)
- [A.Britto,10]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).
- [Dutreve ,11]Ludovic Dutreve, « Paramétrisation et Transfert d'Animations Faciales3D à partir de Séquences Vidéo :vers des Applications en Temps Réel. », Thèse de doctorat, Université lyon1, Volume144, Issue P11-12, (2011)
- [Garchery, 04]S.Garchery, « animation Faciale Temps Réel Multi Plates-formes », Genève-Suisse, (2004).
- [Hui&chiew ,10] Hui Zhao Chiew-Lan Tai, « Subtle Facial Animation Transfer from 2D Videos to 3DFaces with Laplacian Deformation», Université Tokyo, Volume06 , (2010)
- [Jun& Ulrich, 01]Jun-yong Noh Ulrich Neumann, « Expression Cloning. », annual conference on Computer graphics and interactive techniques, Université Southern California, Volume12, (2001).
- [K.Li,14]Kai Li, Qionghai Dai, Ruiping Wang Yebin Liu, « A Data-Driven Approach for Facial Expression Retargeting in Video.», Volume 16, (2014).
- [Lei& Yang,05] Lei Zhang, Yang Wang, Sen Wang, Dimitris Samaras, « Image-Driven Retargeting and Relighting of Facial Expressions.», Univarsité de New York, Stony Brook, NY, USA, Volume 08, (2005).
- [Mercier, 04] Hugo Mercier, « Analyse automatique des expressions du visage. », Thèse de D.E.A, Université toulouse2, Volume93, Issue P19-21, (2004)
- [Pandzic,03]I.S. Pandzic.« Facial motion cloning. Graphical Models, Elsevier, 65(6) :385–404, (2003).
- [Stokes&Ragan]J. Stokes and J. Ragan-Kelly. « Final fantasy : The technology within»
- [Yvan, 14]Weber Yvan, « Modélisation d'un visage humain », Volume71, Issue P3-41, (2014)
- [YWBZBJ,15]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, Volume26, (2015).

Webographie

[web01] <http://blecoz.online.fr>, « Petit historique de l'animation faciale par " Pixel " », avril 2016.

[web02] <http://www.disney Pixar.fr/films/194-lava.html>, avril 2016.

[web03] http://www.captivemotion.com/download/CaptiveMotion_Embody_Animation.pdf, juin 2016.

[web04] http://www.futura-sciences.com/fr/definition/t/internet-2/d/java_485/, juin 2016.

[web05] J.M.DOUDOUX, « Développons en Java ».

[web06] <http://www.enseignement.polytechnique.fr/informatique/profs/Julien.Cervell/eclipse/#conceptTitle>, juin 2016.

[web07] <http://www.javaview.de/doc/index.html>.

[web08] http://fr.wikibooks.org/wiki/Blender_3D:_du_d%C3%A9butant_au_pro/Les_formats_3d_universels, juin 2016.

[web09] <https://www.luxand.com/facesdk/documentation/usingjava.php>