

## Déformation faciale

... pour applications en temps réel

Animation et Multimédia

## Introduction

L'animation faciale ...

Animation et Multimédia

## Animation faciale

➤ Ensemble de techniques pour modifier un modèle afin de reproduire de façon cohérente les expressions du visage

➤ Visage important pour:

- Animation des lèvres correspondant à la parole
- Émotions

➤ # corps : squelette non animé (sauf pour la mâchoire)



Animation et Multimedia

## Animation faciale : où ?

➤ Différents domaines d'application:

- La télévision ou le cinéma
- La communication machine/humain (interfaces)
- Les jeux vidéos
- Mondes virtuels
- La communication à distance (réseaux)

→ applications en *temps réel* ou pas !

Animation et Multimedia

## Non Temps réel vs temps réel

➤ Applications non temps réel (pré calculé)

**aucune interaction**

- Pas de contrainte pour le temps de déformation et de rendu
- Conception de modèles complexes et précis

➤ Applications temps réel

**interactions possibles**

- Déformation et rendu ~25 fois par seconde
- Conception de modèles allégés
- Dépendance des plates-formes (ressources matérielles)

Animation et Multimedia

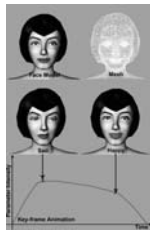
## Processus de l'animation faciale

1. Définir un modèle géométrique
2. **Définir une structure d'animation pour ce modèle + paramétrage**
3. Conception d'animations (analyse vidéo, capture, IA, design manuel, ...)
4. **Animer le modèle en fonction de la structure d'animation et des paramètres**

P. Kala, A. Mangili, N. Magnenat-Thalmann, and D. Thalmann. Smile : Multi layered facial animation system. In IFIP-WG 5.10, Tokyo, pages 189-198, 1991.

Animation et Multimedia

## Processus et technologies



Etapes	Technologie	Méthodes
1. Définition du visage (objet)	Face Modelling, Cloning	Manuel, semi-automatique ou automatique
2. Construction expressions statiques	Déformation du mesh, paramétrisation	Manuel (GUI), ou capture de données
3. Animation Key-framing	Co-articulation pour le speech, mélange d'expressions	Manuel pour les animations non temps réel. Construction automatique à partir de règles pour le temps réel

Animation et Multimédia

## Etat de l'art

L'interpolation, la simulation physique des muscles et les pseudo muscles  
Systèmes de paramétrisation

Animation et Multimédia

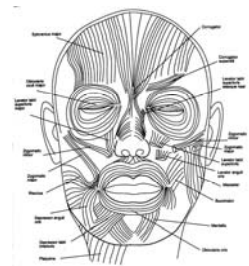
## Définitions

	Paramétrisation	Déformation
Définition	Définir un ensemble optimum de paramètres permettant de contrôler les animations faciales	Générer la déformation du mesh pour un ensemble de valeurs données
Qui ?	Pour les designers/animateurs	Pour les développeurs de systèmes d'animation facial
Avantages	Doit contenir tous les mouvements faciaux de base	Doit supporter entièrement tous les paramètres, pour obtenir une animation faciale "réaliste"
Autres avantages	Facile à utiliser	Rapide, facile à implémenter

Animation et Multimédia

## Muscles faciaux

- Base naturelle utilisée pour construire l'ensemble des paramètres
- Méthodes de déformation basées sur les muscles
- Utile pour évaluer un système d'animation faciale



Animation et Multimédia

## Vue d'ensemble

### Déformations



interpolation  
Parke 1972, 1974

FACS  
Ekman 1978  
description en terme de muscles

MPA  
Katra 1993  
résultats visuels de contractions musculaires

MPEG-4  
1999  
manipulation de points de contrôle

### Paramétrisations

Animation et Multimédia

## L'interpolation

- Interpolation simple
- Interpolation n-linéaire
- Interpolation par région



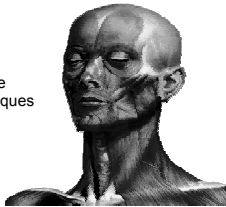
Estimer la forme finale par « mélange » de formes différentes

- Avantages:
  - méthode générique en animation
  - calculs simples
- Inconvénients :
  - conception de **TOUTES** les expressions clefs nécessaires
  - manipulation non intuitive (conception d'une expression par interpolation sur l'ensemble du modèle)
  - contraintes et dépendances topologiques des modèles
  - beaucoup de données pour manipuler un modèle

Animation et Multimédia

## La simulation de l'anatomie faciale

- 3 approches majeures :
  - La représentation par ressorts
  - La représentation par couches de ressorts
  - La représentation vectorielle
- Avantages:
  - Approches basées sur l'anatomie du visage
  - Prise en compte des caractéristiques physiques
- Inconvénients :
  - Conception et calcul complexes



S.M. Platt and N. Badler. Animating facial expression. *Computer Graphics*, 181, 15(3) 245-252, 1981.  
 K. Waters. A muscle model for animating three-dimensional facial expression. In M. Maureen C. Stone, *Computer Graphics (Siggraph Proceedings)*, volume 21, pages 17-24, 1987.  
 D. Terzopoulos and K. Waters. Techniques for realistic facial modeling and animation. In Tokyo Springer-Verlag, editor, *Proceeding Computer Animation*, Geneva, Switzerland, pages 59-74, 1991.

Animation et Multimedia

## Les pseudo muscles

- les *pseudo muscles* s'intéressent aux résultats des contractions musculaires
- Techniques de déformations géométriques :
  - Free Form Deformation
  - Spline pseudo muscles
  - Radial basis functions ...
- Avantages
  - Contrôle plus simple
  - Généralement plus simple en calculs → adapté au temps réel
- Inconvénients
  - A priori moins réaliste

T.W. Sederberg and S.R. Parry. Free-form deformation of solid geometry models. In *Computer Graphics, Siggraph 86*, volume 20(4), pages 151-160, 1986.  
 C.L.Y. Wang and D.R. Forsyth. Langsdorf: A new facial animation system. In *Proceedings of Computer Animation*, pages 59-68, 1994.  
 J.V. Noh, D. Fritzsche, and U. Neumann. Animated deformations with radial basis functions. In *VIST*, pages 166-174, 2000.

Animation et Multimedia

## Les systèmes de paramétrisation

- 3 systèmes principaux de paramétrisation :
  - Facial Action Coding System (**FACS**)
    - Ekman et al. (1978) pour l'analyse / classification des expressions faciales, basé sur l'anatomie musculaire
  - Minimal Perceptible Action (**MPA**)
    - Kalra et al. (1993) : paramétrisation basée sur les résultats visuels des contractions musculaires (ie. raise-nose)
  - MPEG-4 FBA
    - Moving Picture Experts Groups (1999) basé sur la définition et le déplacement de points de contrôle

P. Ekman, W.V. Friesen. *Facial Action Coding System: A Technique for the Measurement of Facial Movement*. Consulting Psychologists Press, California, 1978.  
 P. Kalra. *An Interactive Multimodal Facial Animation System*. PhD thesis, Ecole Polytechnique Fédérale de Lausanne, Switzerland, 1993.  
 Moving Picture Experts Group. Specification of mpeg-4 standard. <http://www.cseit.tlmpg>

Animation et Multimedia

## Critères d'évaluation

- **Simplicité** d'utilisation
  - temps de conception réduit
  - forme quelconque (homme, femme, enfant, dessin animé, ...)
- **Intégration**
  - fonctionne pour différentes applications et différentes plates-formes sans modification (PC, web, mobiles, ...)
- **Généralisation**
  - animation indépendante du modèle, réutilisable
  - personnalisation des animations
- **Qualité visuelle**
  - le contrôle des déformations
  - qualité adaptable en fonction des ressources

Animation et Multimedia

## Évaluation

	Déformations			Paramétrisations		
	Interpolation	Anatomie	Pseudo muscle	FACS	MPA	MPEG
Simplicité (mise en œuvre)	☒	☒	☒	☒	☑	☑
Intégration (#plates-formes ?)	☑	☒	☑			
Généralisation ( indép. anim vs modèle)				☑	☑	☑
Qualité visuelle (contrôle déformations)	☑	☒	☒	☒	☒	☑

Animation et Multimedia

## Objectifs

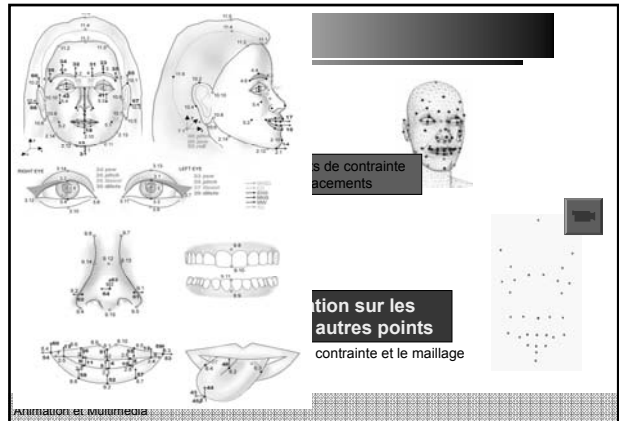
- Animation d'un modèle complet de buste
  - Application de visages parlants
  - Mouvements de tête
- En temps réel
  - Applications interactives
- Simplicité de production de modèles animables à partir de **très peu** d'informations
  - Rapidité de conception
  - Animation de nombreux modèles
  - Sans contraintes sur les modèles
- Flexibilité : plates-formes (PC, web ou PDA)
  - Utilisation mêmes modèles, mêmes animations ...

Animation et Multimedia

## Déformations faciales

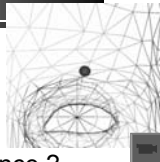
Par points de contrainte  
Par *morph target*

Animation et Multimédia



## Les différentes approches

- But : animer les points voisins à partir des points de contrainte.
- Comment définir les zones d'influence ?
  - à la main
  - de façon semi-automatique
    - sur la surface
    - par application de formes géométriques autour des points de contrainte
- ➔ • entièrement automatique

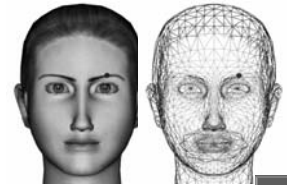


Animation et Multimédia

## Les problèmes ?

→ Qui influence quoi et comment ?

- Métrique utilisée
- Juxtaposition des points de contrainte
- Définition des « bons » points influents

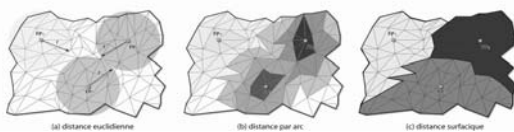


Animation et Multimédia

## Définition de la métrique

- La métrique utilisée doit tenir compte :
  - des différentes densités des régions du modèle
  - des trous (les yeux, la bouche, ...)
  - de la forme quelconque du modèle

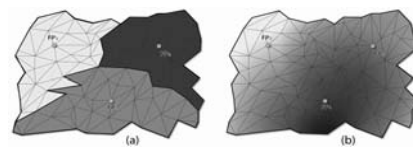
→ une solution : la **distance le long des arêtes**



Animation et Multimédia

## Juxtaposition des régions

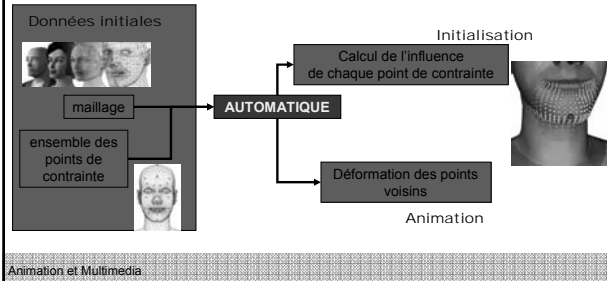
- Pour éviter les « cassures » entre les régions, il faut prendre en compte plusieurs points de contrainte possibles
- L'influence d'un point ordinaire dépend de:
  - distance entre les points de contrainte
  - distance point ordinaire ↔ points de contrainte
  - répartition des points de contrainte autour du point ordinaire



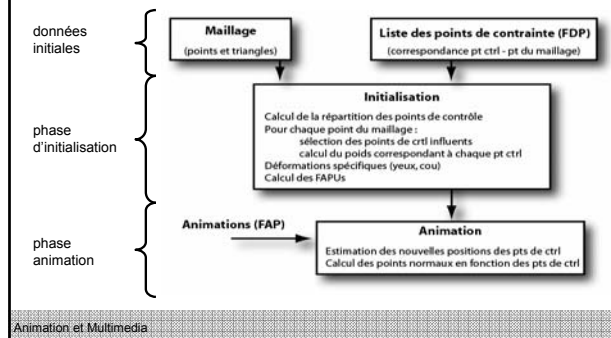
Animation et Multimédia

## Approche automatique

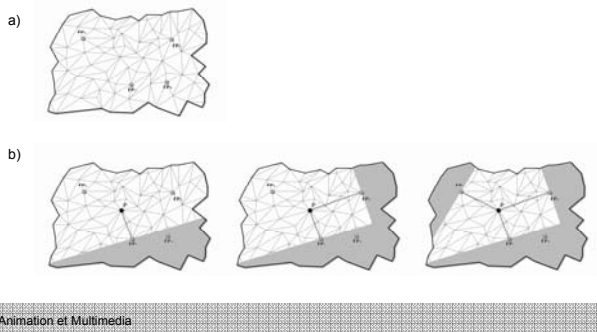
- Définir automatiquement l'influence des points de contrainte sur le modèle.



## Vue d'ensemble



### 1. sélection des points de contrainte



### 2. influences des points de contrainte

- Calcul du coef. de normalisation
- (normalisation)

$$d = \frac{\sum_{i=1}^n d_i * \cos \theta_i}{\sum_{i=1}^n \cos \theta_i}$$

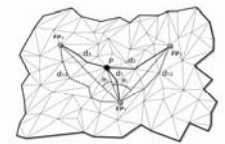
- Calcul du poids W

- influence d'un point de contrainte sur un point ordinaire

$$W_{i,P} = \sin \left( \frac{\pi}{2} \left( 1 - \frac{d_i}{d} \right) \right)$$

- Cas particulier :

- 1 seul point de contrainte
- $W_{i,P} = 1$



### 3. animation

Soit  $FP_i$ , où  $i = 1, 2, \dots, n$ , les  $n$  points de contrainte influençant le point ordinaire  $P$ . Alors, si

- $D_i$  = le déplacement spécifique du point de contrôle  $FP_i$
- $W_{i,P}$  = le poids du point  $P$  associé au point de contrainte  $FP_i$ , calculé précédemment
- $d_{i,P}$  = la distance surfacique entre  $P$  et  $FP_i$

$$D_P = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{W_{i,P} * D_i}{d_{i,P}^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{W_{i,P}}{d_{i,P}^2}}$$

Animation et Multimedia

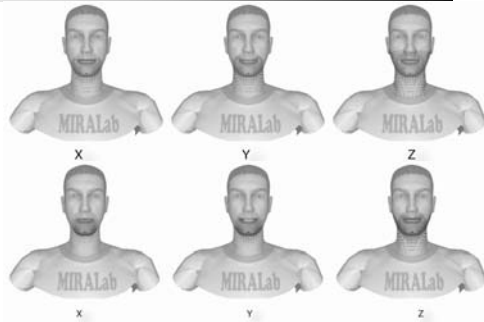
### Application à la paramétrisation MPEG4

- Répartition différente suivant les degrés de liberté des points de contrainte



Animation et Multimedia

## Régions d'influence



Animation et Multimedia

## Résultats / Démo



Animation et Multimedia

## Conclusion (points de contrainte)

- Peu de données à manipuler
  - Points caractéristiques
- Rapidité
  - Quelques secondes pour l'initialisation
  - Calculs simples durant la phase d'animation
- Généralité
  - Même approche pour tous les points
  - Aucune contrainte sur le nombre de points et les degrés de liberté
- **Calculs intensifs durant la phase d'initialisation**
- **Aucun contrôle sur les déformations**

Animation et Multimedia

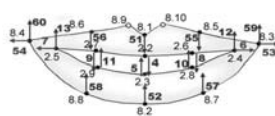
## Par morph target

- Principe équivalent à l'interpolation par région, mais basé sur les paramètres d'animation (FAP)
  - à partir du modèle en position neutre
  - calculer la somme des déformations correspondantes à chaque paramètre
  - les appliquer au modèle
  - afficher les résultats

Animation et Multimedia

## Création des tables de déformations

- Deux paramètres clefs :
  - amplitudes des déformations pour une intensité de FAP donnée
  - juxtaposition des zones d'influence

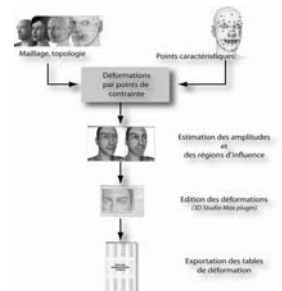


20 tables de déformation dans la même région

Animation et Multimedia

## Processus

- Déformation par contrainte pour estimer :
  - intensité
  - régions d'influence
- Editer ces informations dans un modèleur (plugin 3DStudio max)
- Exporter au format FAT (Facial Animation Tables)



Animation et Multimedia

## Conclusion (*morph target*)

- Contrôle des déformations
- Aucune contrainte sur le modèle
- Fonctionne avec la paramétrisation MPEG4
- Calculs simples
- **Complexité de conception (travail manuel pour chaque modèle)**

Animation et Multimédia

## Adaptation

Animation du cou  
Moteur d'animation adaptable  
Niveau d'articulation

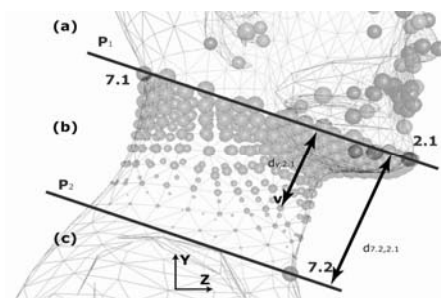
Animation et Multimédia

## La rotation du cou

- Une tête parlante doit posséder un cou
- Le cou est souvent (s'il existe) rigide dans les applications de tête parlante
- Sur le même principe de simplicité (uniquement des points de contrainte) comment calculer les déformations subies par le cou ???

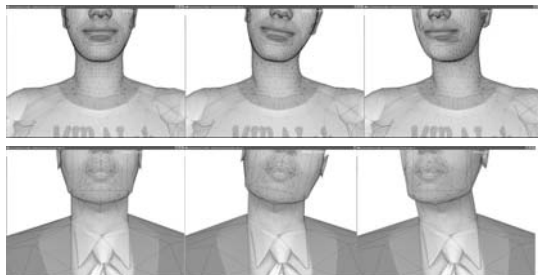
Animation et Multimédia

## La rotation du cou (2)



Animation et Multimédia

## La rotation du cou (3)



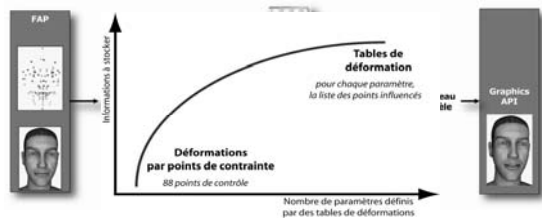
Animation et Multimédia

## Points de contrainte vs *morph target*

	Déf. par points de contrainte	Tables de déformation
Création	Définition des points caractéristiques	Conception manuel (aide pour la définition des régions et amplitudes)
Données	Calculs automatiques	Manuel
Calculs	peu d'informations (seulement les points caractéristiques)	Vecteurs de déplacement pour tous les paramètres
	calculs intensifs durant la phase d'initialisation	simple interpolation linéaire par morceaux

Animation et Multimédia

## Moteur d'animation adaptable



- Contrôle de la qualité des déformations
- Management des données

Animation et Multimedia

## Niveaux d'articulation (Level Of Articulation)

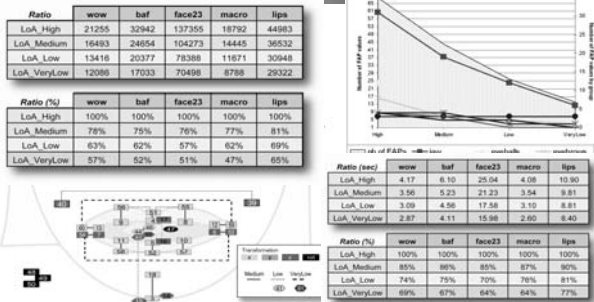
- Définir quels sont les paramètres nécessaires suivant le niveau de visualisation ou l'application (proche, tête parlante, humain de pied, foules, ...)



Nom	Définition
LoA_High	Tous les paramètres
LoA_Medium	Regroupement des paramètres équivalents 2 à 2
LoA_Low	Suppression des paramètres les moins importants et regroupement
LoA_VeryLow	Suppression de la plupart des paramètres et ajout de la tendance complète du visage

Animation et Multimedia

## LOA

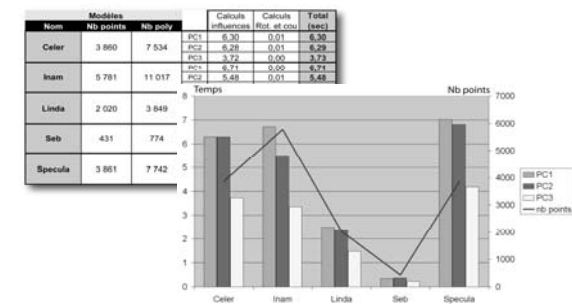


Animation et Multimedia

## Résultats

Animation et Multimedia

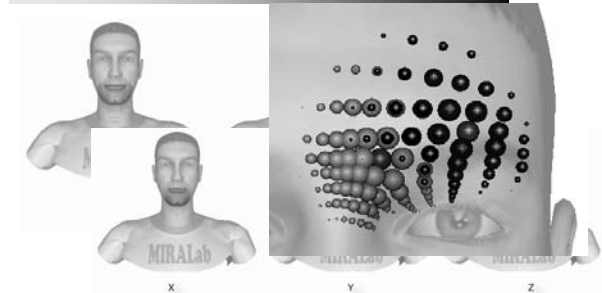
## Temps d'initialisation



PC1 = Athlon 1.7+ GHz, PC2 = PIV 2.0 GHz et PC3 = PIV 3.0 GHz

Animation et Multimedia

## Zones d'influence

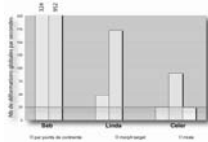


Animation et Multimedia



## Animation (fps)

Modèles	Nombre de points	Nombre de polygones	Nb déformations par seconde		
			par points de contrainte	Morph target	Mixte
Seb	414	719	PC1	324.12	352.51
			PC2	197.96	645.47
			PC3	195.99	422.39
Linda	2920	3849	PC1	124.83	299.68
			PC2	41.74	174.21
			PC3	24.55	43.39
Céler	3860	7534	PC1	19.22	138.53
			PC2	22.74	84.89
			PC3	13.27	46.61



calculs de déformation uniquement

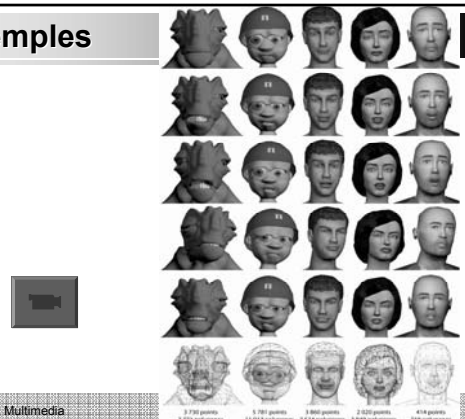
Modèles	Méthodes de déformation		
	par points de contrainte	Morph target	Mixte
Seb	228.99	411.15	
Linda	48.64	95.82	
Céler	29.66	35.62	21.11
Moyen	24.45	34.29	24.36

avec rendu OpenGL (600x600)

PC1 = PIV 3.0 GHz, PC2 = PIV 2.0 GHz et PC3 = PIII 1 GHz

Animation et Multimedia

## Exemples



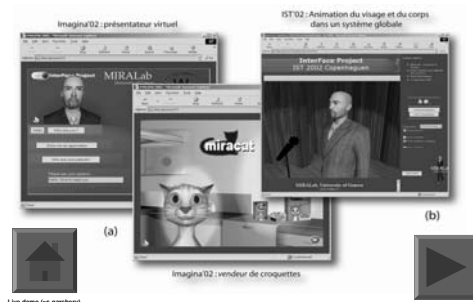
Animation et Multimedia

## Diverses animations (rendu 3ds)



Animation et Multimedia

## Animation faciale pour le web



Animation et Multimedia

## Pour appareil mobile



Animation et Multimedia