

# Tête et visage humains



Tiré de Bill Fleming & Darris Dobbs, *Animating Facial Features & Expressions*. Charles River Media, Inc., 99, 382p.

# Tête et visage humains

- ✚ Difficultés rencontrées dans la modélisation et l'animation du visage humain
- ✚ Caractéristiques d'un modèle du visage humain
- ✚ Méthodes utilisées pour traiter de la géométrie du visage
- ✚ Différentes approches de construction du modèle
- ✚ Texture de la peau
- ✚ Animation du visage
- ✚ Mouvement des lèvres et synchronisation de la parole
- ✚ Cheveux humains
- ✚ Références

# Difficultés rencontrées dans la modélisation et l'animation réaliste d'un visage

- ✦ Le visage est une structure très familière, qui présente une structure sous-jacente bien définie tout en autorisant une grande quantité de variations d'un individu à un autre.
- ✦ Il présente une forme complexe et déformable avec des parties distinctes qui s'articulent les unes avec les autres.
- ✦ Il est l'instrument principal de communication et de définition du caractère d'une personne.
- ✦ Animer de façon réaliste le mouvement des lèvres et des régions faciales voisines lorsque le personnage parle (synchronisation labiale).
- ✦ Être capable de représenter fidèlement une personne donnée (conformation du visage).
- ✦ Permettre une synchronisation précise entre une piste son et le mouvement des lèvres.
- ✦ Considérer l'articulation rigide de la mâchoire et la déformation des muscles de la langue.

# Caractéristiques d'un modèle du visage

But : Créer la géométrie d'un modèle de visage adapté à l'animation.

✚ Les modèles de visage varient énormément d'un modèle géométrique simple à un modèle basé sur l'anatomie.

✚ Facteurs importants lors de la construction du modèle :

— Méthode d'acquisition des données géométriques représentant la géométrie effective de la tête.

— Contrôle du mouvement et méthode d'acquisition des données correspondantes

Méthode au moyen de laquelle les données décrivant les modifications apportées à la géométrie sont obtenues.

— Qualité du rendu de l'image

— Qualité correspondante du mouvement obtenu après calculs.

Exemple : Une animation de type dessin animé

- une simple forme géométrique pour la tête (une sphère par ex.) avec des textures;
- les yeux et la bouche peuvent être animés au moyen d'une série de textures appliquées à la forme simple;
- le nez et les oreilles peuvent faire partie de la géométrie de la tête, ou, plus simplement, être incorporés à la texture;
- la bouche peut être un élément géométrique distinct placé à la surface de la géométrie du visage;



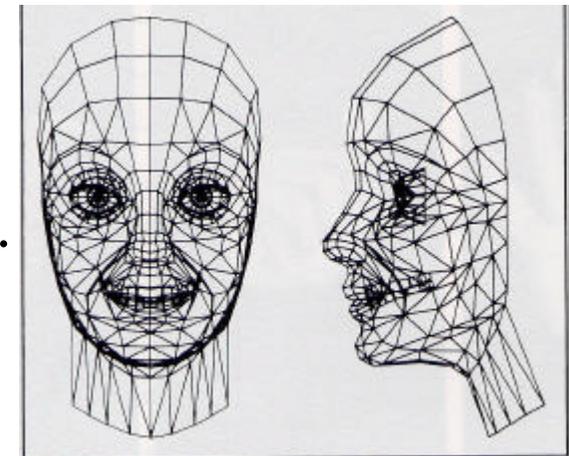
elle peut être animée de manière indépendante ou remplacée séquentiellement par une série de formes de la bouche de façon à simuler le mouvement des lèvres.

- etc.

# Méthodes utilisées pour traiter de la géométrie du modèle

## 1. Modèles polygonaux

- Les plus couramment utilisés pour leur simplicité.
- Relativement faciles à créer et à déformer.
- Inférieurs d'un point de vue visuel à d'autres méthodes de modélisation de la surface du visage.
- Les méthodes d'acquisition de données échantillonnent uniquement la surface pour produire des données discrètes et des techniques d'ajustement de surface sont appliquées ensuite.
- Une extension de ces modèles représente un visage à l'aide d'un ensemble de maillages 3D au lieu d'un seul (dents, bouche, yeux, ...).



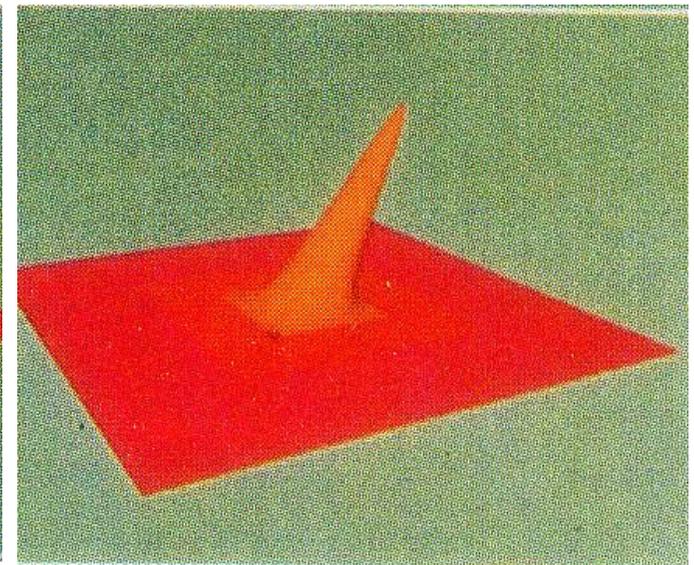
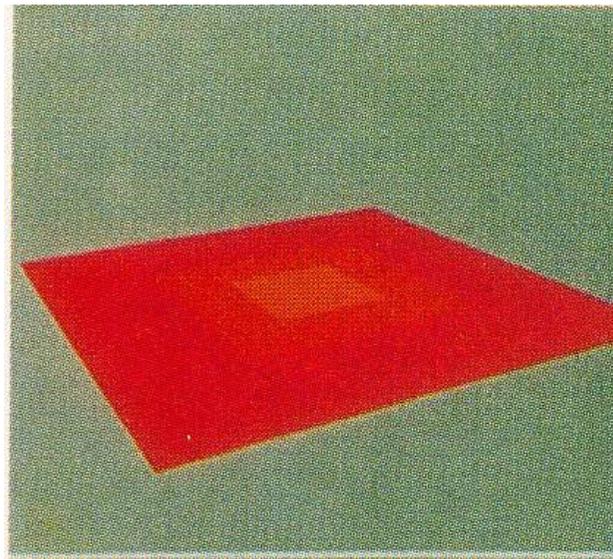
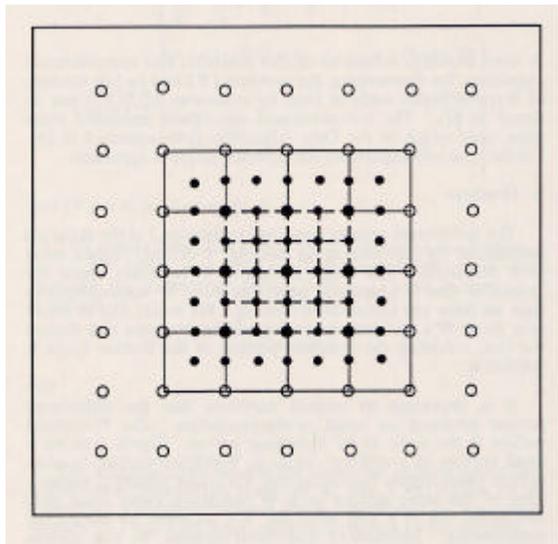
## 2. Modèles basés sur des surfaces de contrôle

- Privilégiés lorsqu'une surface lisse est désirée.
- On utilise habituellement des surfaces bicubiques, des surfaces de Bézier ou des B-splines.
- Complexité faible en termes de données  $p / r$  aux techniques polygonales.
- Se servant d'une grille de points de contrôle, il est difficile de conserver une complexité faible en termes de données tout en incorporant de petits détails.
  - ⊖ Un simple ajout à une région locale pour mieux représenter un trait du visage exige l'ajout d'informations sur la totalité de la surface.

### 3. Modèles basés sur des techniques de subdivision

- Des détails locaux peuvent être ajoutés à une surface B-spline tout en évitant les modifications globales requises par les B-splines standards.
- Des points de contrôle de résolution plus fine sont soigneusement répartis sur la surface plus grossière tout en maintenant la continuité.
- L'organisation est hiérarchique et, par conséquent, des détails de plus en plus fins peuvent être ajoutés.

B-splines hiérarchiques (Forsey & Bartels, SIGGRAPH'88).



#### 4. Modèles basés sur des surfaces implicites

De tels modèles deviennent, en règle générale, trop complexes dès que l'animateur cherche à traiter des petits détails.

Approches intéressantes si le photoréalisme n'est pas l'objectif visé et si une caricature ou un modèle de type dessin animé est recherché.

L'animation de ces modèles reste un défi à relever.

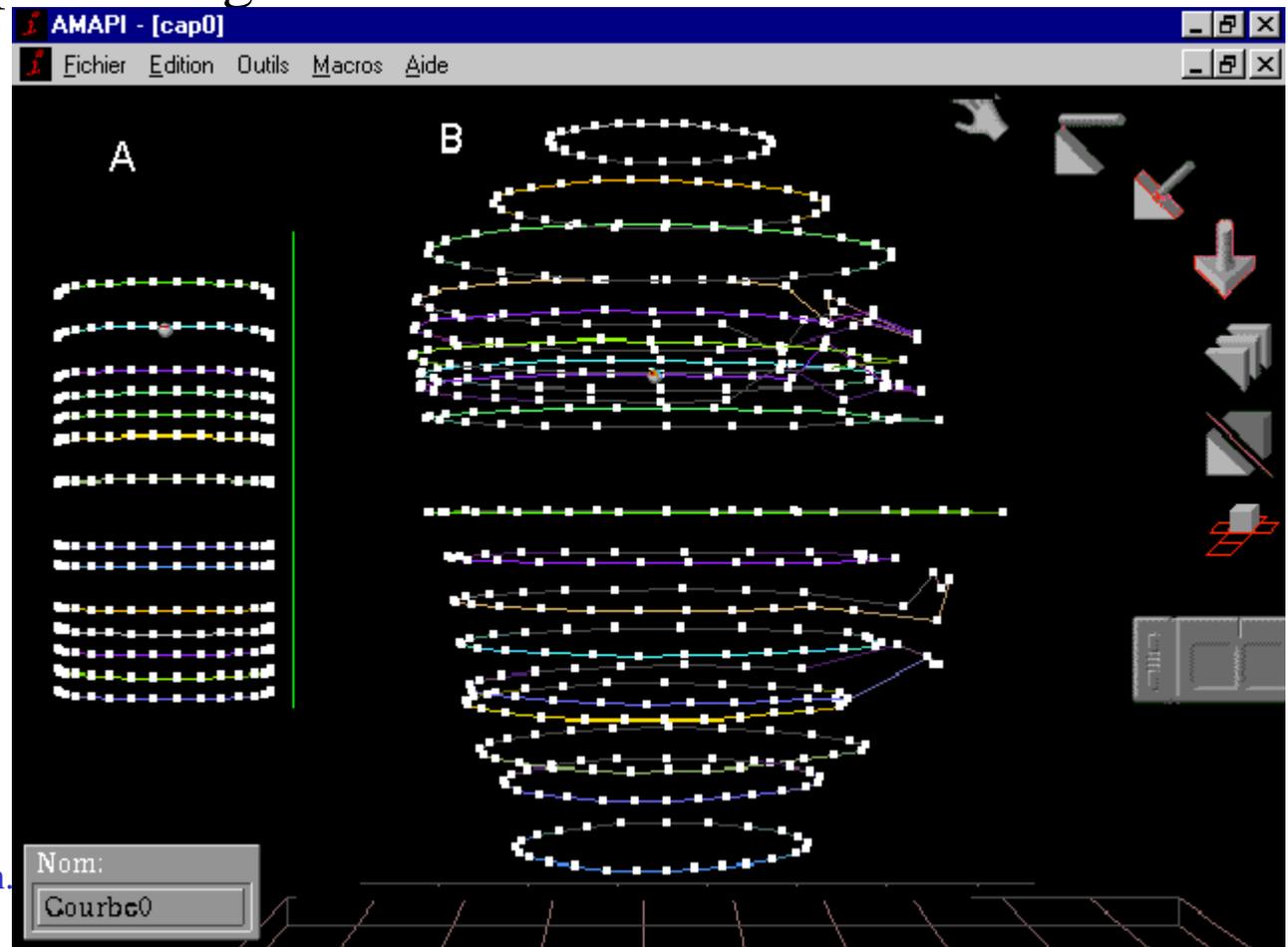
#### 5. Modèles basés sur des NURBS

On peut réaliser d'excellents maillages en utilisant des volumes parfaitement arrondis qu'on peut réaliser à l'aide de NURBS.

## 6. Modèles basés sur la réunion de surfaces réglées

Les surfaces réglées représentent une fonction qui relie entre elles les différentes sections d'un volume.

Il s'agit de créer à l'aide d'un modéleur une série de sections transversales ou de profils sagittaux.



## Différentes approches de construction du modèle



### **Système de CAO où on laisse l'utilisateur construire le modèle**

- Efficace dans le cas d'une créature imaginaire ou une caricature ou lorsqu'il doit répondre à des critères de conception esthétiques précis.
- Si cette approche donne à l'artiste une liberté maximale pour créer son modèle, elle exige en revanche une compétence accrue.



### **La numérisation à partir d'une sculpture physique de l'objet générée avec de l'argile, du bois ou du plâtre**

Utile si l'on souhaite réaliser le modèle d'une personne précise.

Dispositif de numérisation mécanique ou magnétique :

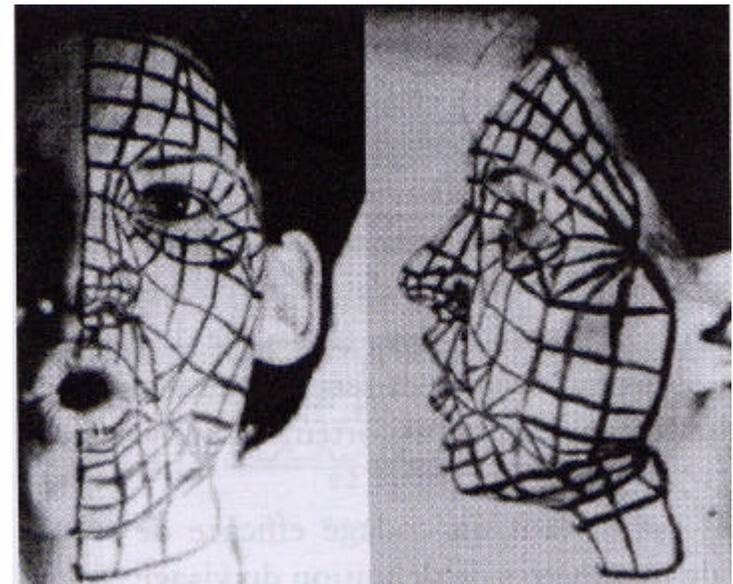
- Une grille de coordonnées 2D est tracé sur le modèle physique et les polygones sont numérisés un à un.
- Le processus de numérisation peut être très laborieux si un grand nombre de polygones sont concernés par l'opération.
- Exige un talent artistique pour générer le modèle physique<sup>11</sup>.

## Scanners à laser :

- Utilisent un rayon laser pour calculer la distance jusqu'à la surface d'un modèle.
- Capables de créer des modèles très précis.
- Permettent la numérisation directe du visage d'une personne.
- Ils échantillonnent la surface à intervalles réguliers. Un maillage est alors construit à partir de ces points.
- Permettent aussi d'enregistrer des informations de couleur qui peuvent être utilisées pour générer une texture laquelle cache souvent des défauts du modèle et du mouvement.
- Ils sont coûteux, encombrants et exigent un modèle physique.

## ✚ Génération de modèles à partir de photos

- N'exige pas la présence physique du modèle une fois la photo prise.
- Consiste à prendre des photos de face et de profil d'un visage sur lequel une grille a été tracée.
- Des correspondances entre points peuvent être établies entre les images soit de manière interactive, soit en repérant automatiquement des caractéristiques communes.
- Une grille 3D peut alors être reconstruite.



Note :

L'hypothèse d'une symétrie du visage est faite.

Une seule vue de profil est nécessaire et seule la moitié de la vue de face est prise en compte.

## La modification d'un modèle générique

- Si le modèle est créé sous la forme d'un modèle paramétré et que ces paramètres ont été bien conçus, le modèle peut être utilisé pour être apparié à un visage particulier, concevoir un visage original ou encore générer une famille de visages.
- Les contrôles d'animation peuvent être intégrés au modèle de façon qu'ils n'exigent que de légères modifications seulement du modèle générique pour des instances particulières.

Les paramètres du modèle sont divisés en 2 catégories :

### 1. Paramètres de conformation

Paramètres qui permettent de distinguer un visage d'un autre.

### 2. Paramètres expressifs

Paramètres qui concernent l'animation d'un visage donné. 14

Modèle de Parke (74) On suppose une symétrie du visage.

22 paramètres de conformation

- 5 paramètres contrôlant la forme du front, de l'os de la joue, du creux de la joue, du menton et du cou.

Ex. : Le creux de la joue peut varier de convexe à concave; l'os de la joue peut passer inaperçu ou très prononcé.

- 12 distances dénombrées entre les caractéristiques du visage :
  - tracé à l'échelle de la tête selon x, y et z,
  - largeur et hauteur des pupilles,
  - largeurs de l'os du nez et des narines,
  - largeur des mâchoires,
  - largeur des joues,
  - proportions verticales :
    - du menton vers la bouche,
    - du menton vers l'œil,
    - de l'œil vers le front.

- 5 paramètres permettant de déplacer
  - le menton dans les directions x et z,
  - l'extrémité du nez dans les directions x et z,
  - les sourcils dans la direction z.

### Note :

- Dans le modèle de Parke,
  - l'axe z est vertical,
  - l'axe x est orienté de l'arrière de la tête vers l'avant,
  - l'axe y part du milieu de la tête pour aller vers le côté gauche.
- Ces paramètres ne suffisent pas pour générer tous les visages possibles, même s'ils peuvent être utilisés pour en générer une grande variété.
- Le modèle de Parke n'a pas été mis au point à partir de principes anatomiques mais à partir d'intuitions provenant de rendus artistiques du visage humain.

# ✚ Construction d'un modèle générique basé sur des données anthropométriques

D. DeCarlo *et al.*, *An Anthropometric Face Model using Variational Techniques*. SIGGRAPH'98.

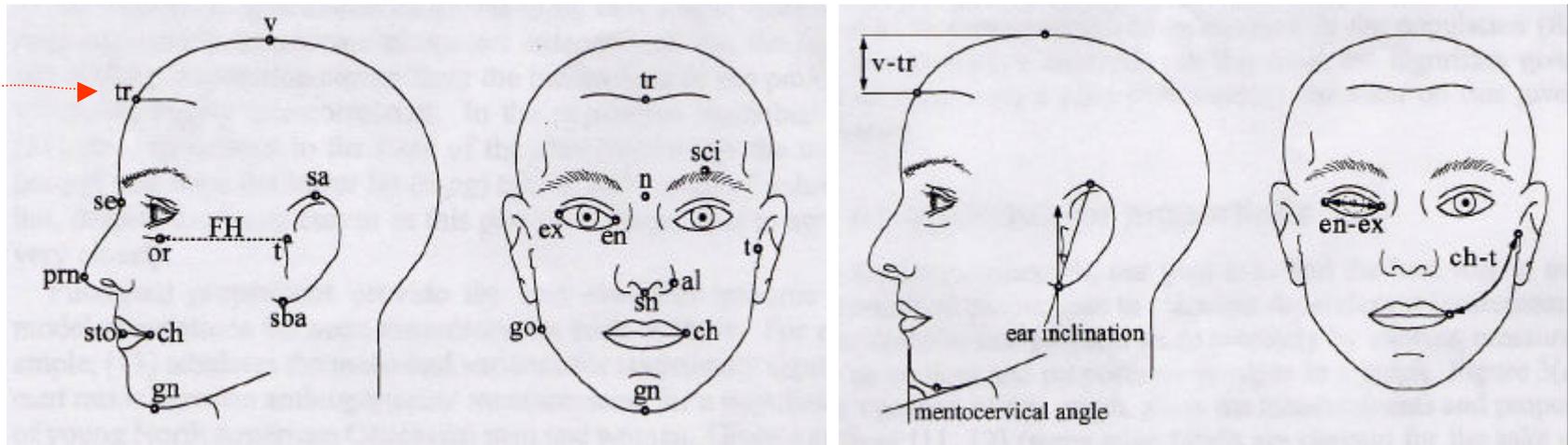
L. Farkas. *Anthropometry of the Head and Face*. Raven Press, 1994.

Des données anthropométriques peuvent être utilisées pour contraindre le modèle à générer un visage réaliste.

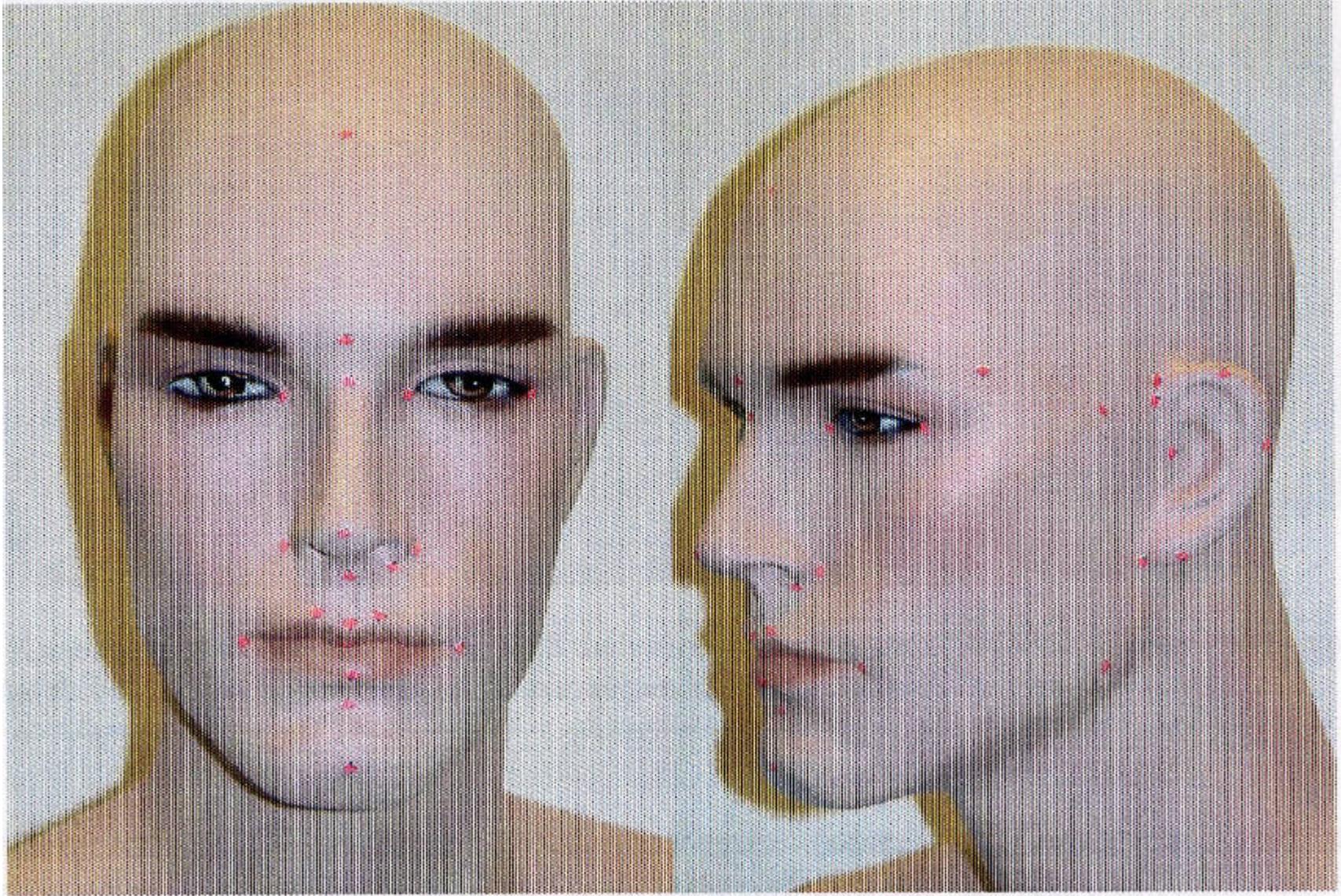
47 points de repère pour décrire le visage et 132 mesures

( $\exists$  des différences significatives entre les groupes d'une population).

Voici quelques-uns d'entre eux :



Abbréviation du terme d'anatomie

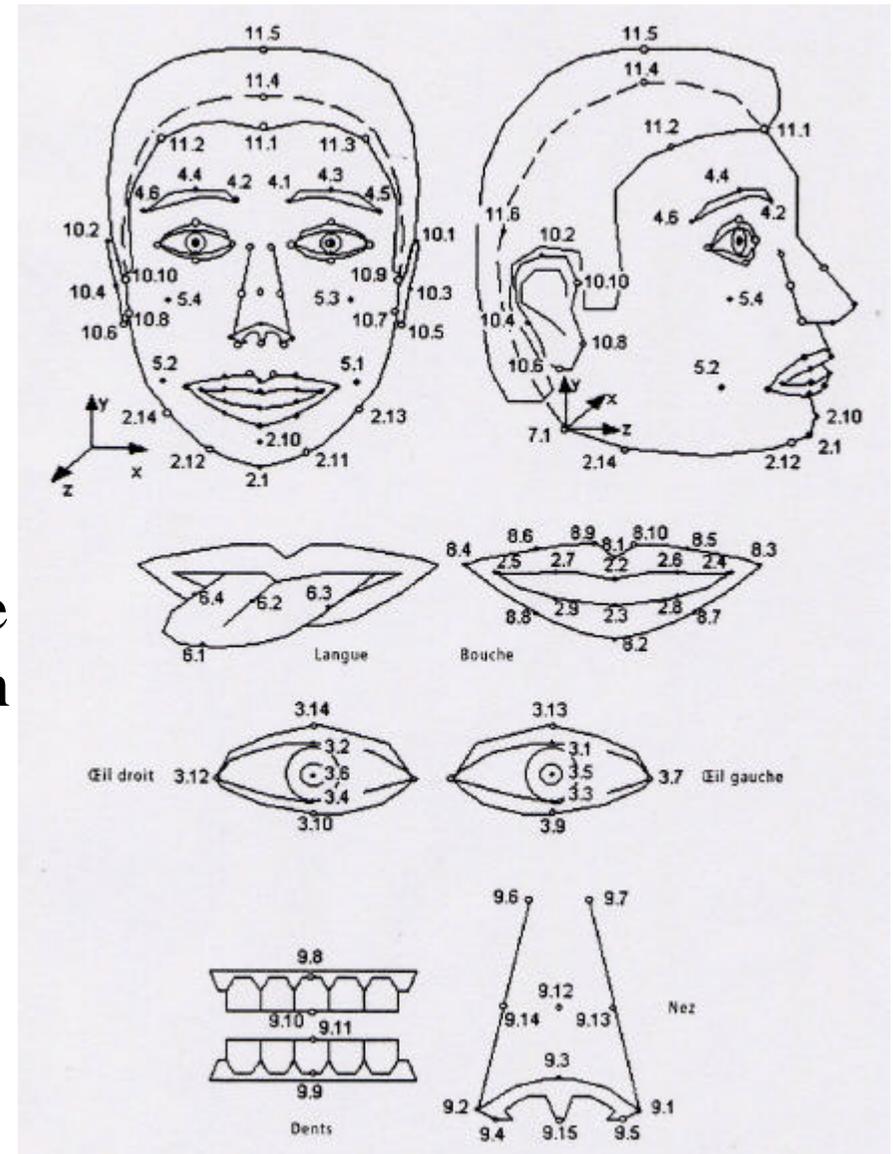


Un sous-ensemble des points de repère de Farkas.

## ✚ Construction d'un modèle générique basé sur la norme MPEG-4

- Elle comprend un ensemble de paramètres de définition du visage : ce sont les points caractéristiques définis par cette norme.
- L'animation d'un visage se fait à partir de ce modèle doté d'une expression neutre.

Il peut être animé par un ensemble associé de paramètres d'animation du visage.



# Textures

- ✚ Élément très important de l'animation faciale :  
donne à un modèle de visage un air plus organique.
- ✚ Comment obtenir une texture appropriée ?
  - Les scanners à laser sont capables de recueillir des informations concernant l'intensité et la profondeur.
    - ⊖ Une fois que le visage commence à se déformer, la texture ne correspond plus exactement.
    - ⊖ Comme le scanner tourne autour du modèle, des zones sont manquées là où la tête est masquée :
      - au niveau des oreilles,
      - du menton,
      - le sommet du crâne.
  - À l'aide de photos en combinant des vues de face et latérales.

## Approches de l'animation du visage

▮ On doit considérer les 2 aspects suivants :

- Simuler l'action des muscles du visage pour représenter les expressions du visage.
- Considérer les expressions eux-mêmes qui doivent représenter la parole et les émotions.

Sourire, clin d'œil, larme, ...

Note : Une expression du visage est différente d'un personnage à un autre. ↴

Un ensemble d'expressions du visage est associé à un personnage donné avec une façon propre d'exprimer chaque expression.

## Approches de l'animation du visage

█ L'animateur fait face à 3 niveaux d'abstraction<sup>(1)</sup> :

- Paramètres du visage simulant l'action des muscles.
- Expressions particulières définies à l'aide de paramètres du visage.

Ex. : Un sourire est une combinaison de 30% de A et 50% de G.

### Avantages à utiliser ce 2<sup>ième</sup> niveau d'abstraction :

- l'utilisation d'une expression particulière ne nécessite pas de connaître les détails de son implantation;
- une expression particulière peut être atténuée :
  - un facteur d'atténuation de 50% amène une réduction de 50% de chaque paramètre de l'expression;
- à chaque personnage est associé un ensemble d'expressions qui lui est propre;
- on peut combiner plusieurs expressions pour en créer une nouvelle.

Ex. : un phonème peut être combiné à un sourire.

- Instant où un personnage dégage une expression donnée.

## Approche la plus simple :

Définir un ensemble de poses clés.

Procéder par interpolation entre les positions des sommets correspondant à deux poses d'une paire donnée.

- Les différentes parties du modèle facial ne sont pas contrôlables individuellement par l'animateur.

## Systeme de codage des actions du visage :

Ekman & Friesen, *Facial Action Coding System*. Consulting Psychologists Press, 1978.

- ✚ L'objectif est de ramener toutes les expressions du visage à un ensemble de mouvements faciaux de base appelés *unités d'action*.
- ✚ En combinant ces *unités d'action*, on peut décrire toutes les expressions du visage.

Exemple :  
- abaissement de sourcil, - élévation de cil,  
- abaissement de la mâchoire, - etc.

- ✚ Un système d'animation du visage peut être construit en introduisant un ensemble de variables associées à ces unités d'action.
- ✚ On peut aussi animer le modèle du visage en interpolant les valeurs de ces variables.
- Ce système se veut descripteur d'une expression du visage et non générateur. C'est un bon point de départ pour décrire les mouvements de base.
- Ce système décrit des expressions du visage mais pas la parole.<sup>24</sup>

- ① Le paramétrage du modèle facial en fonction d'actions primitives et le contrôle des valeurs de ces paramètres en fonction du temps nous amènent à poursuivre les objectifs suivants :
  - une couverture complète des paramètres inclut la majorité des expressions intéressantes;
  - pour être facile à utiliser, l'ensemble des paramètres doit être réduit autant que possible;
  - l'effet de chaque paramètre doit être indépendant de l'effet de tout autre paramètre;
  - l'effet de chaque paramètre doit être intuitif;
  - l'animateur doit être capable de générer des mouvements courants en manipulant quelques paramètres seulement.

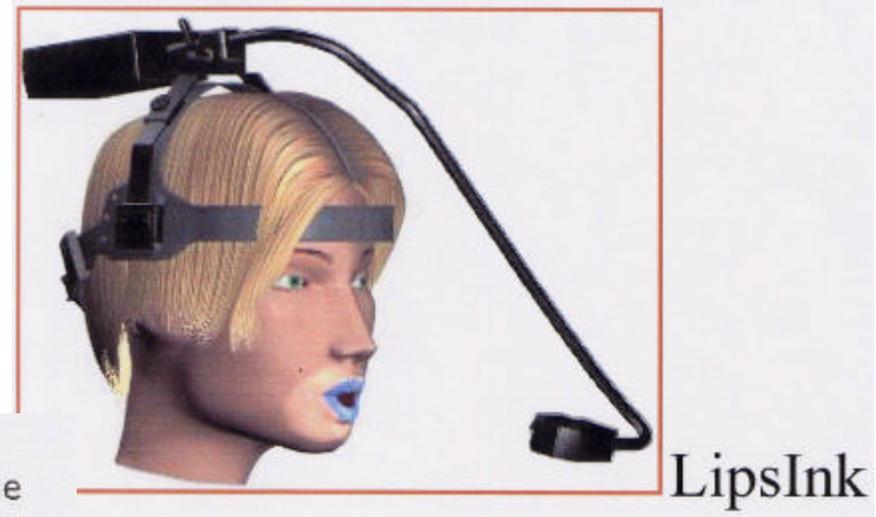
Atteindre la totalité de ces objectifs n'est probablement pas possible et des choix doivent être faits.



## Production de la parole



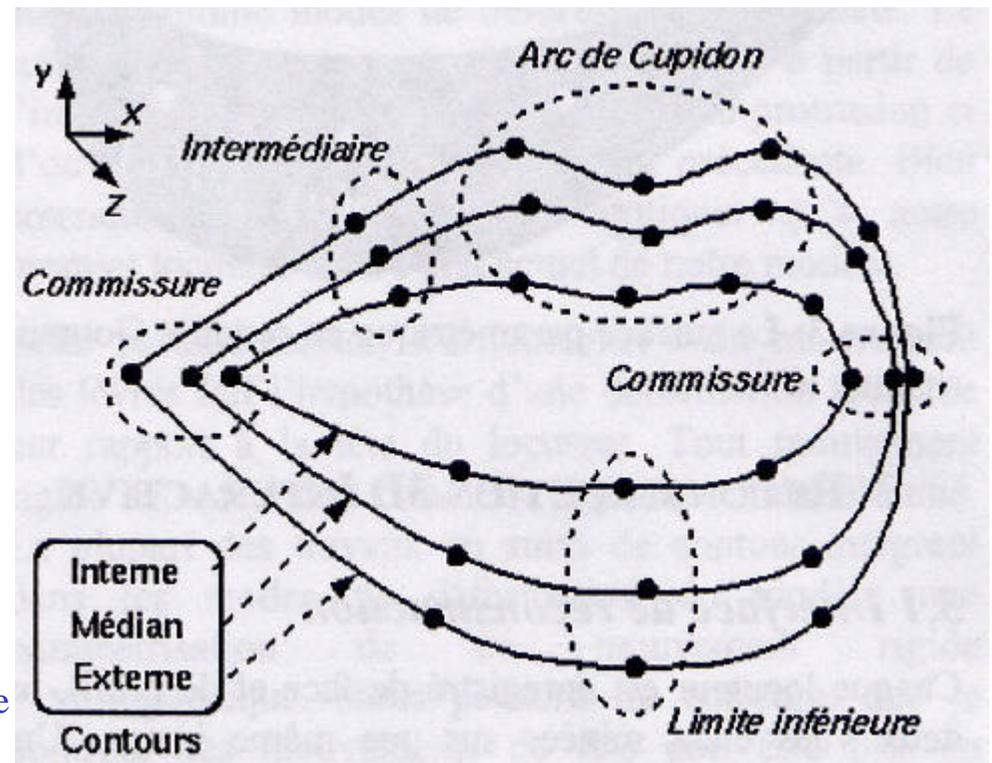
- ✚ Le 1<sup>er</sup> modèle animé avec synchronisation de la parole : le film « Tony de Peltry » en 85. On procède par interpolation d'images clés.
- ✚ Lipsink est un logiciel pour analyser en temps réel les mouvements des lèvres d'un acteur pour les appliquer sur un visage synthétique.



• **Ganymedia** donne la parole aux personnages d'animation. Fondée par deux deux docteurs ès sciences de 28 ans, la jeune entreprise grenobloise Ganymédia lance le logiciel LipsInk totalement inédit qui permet de faire parler les visages de synthèse à l'instar des êtres humains. Ce logiciel a été testé avec succès par Medialab, leader mondial de l'animation en 3D pour une des plus grandes entreprises américaines de cinéma. Le système LipsInk est basé sur l'acquisition et l'analyse des mouvements labiaux d'un acteur lisant le texte d'un personnage virtuel. L'acteur met un casque équipé d'une micro-caméra qui filme ses lèvres maquillées en bleu. Le logiciel analyse les images correspondant aux mouvements des lèvres et restitue 25 ou 30 fois par seconde tous les paramètres labiaux liés à la parole, le tout en temps réel.

## Modèle géométrique de lèvres 3D

- ✚ Susceptible d'être adapté à différentes formes de lèvres, ce modèle est défini par une surface paramétrique 3D construite par interpolation entre des points de contrôle.
  - ✚ Les points de contrôle retenus sont communs à n'importe quelle forme de lèvres humaines répartis le long de 3 contours : externe, interne et médian.
  - ✚ La surface est engendrée par le parcours d'une courbe 3D circulant du contours externe vers le contour interne en passant par le contour médian.
- Les points de contrôle de chaque courbe sont calculés par interpolation.

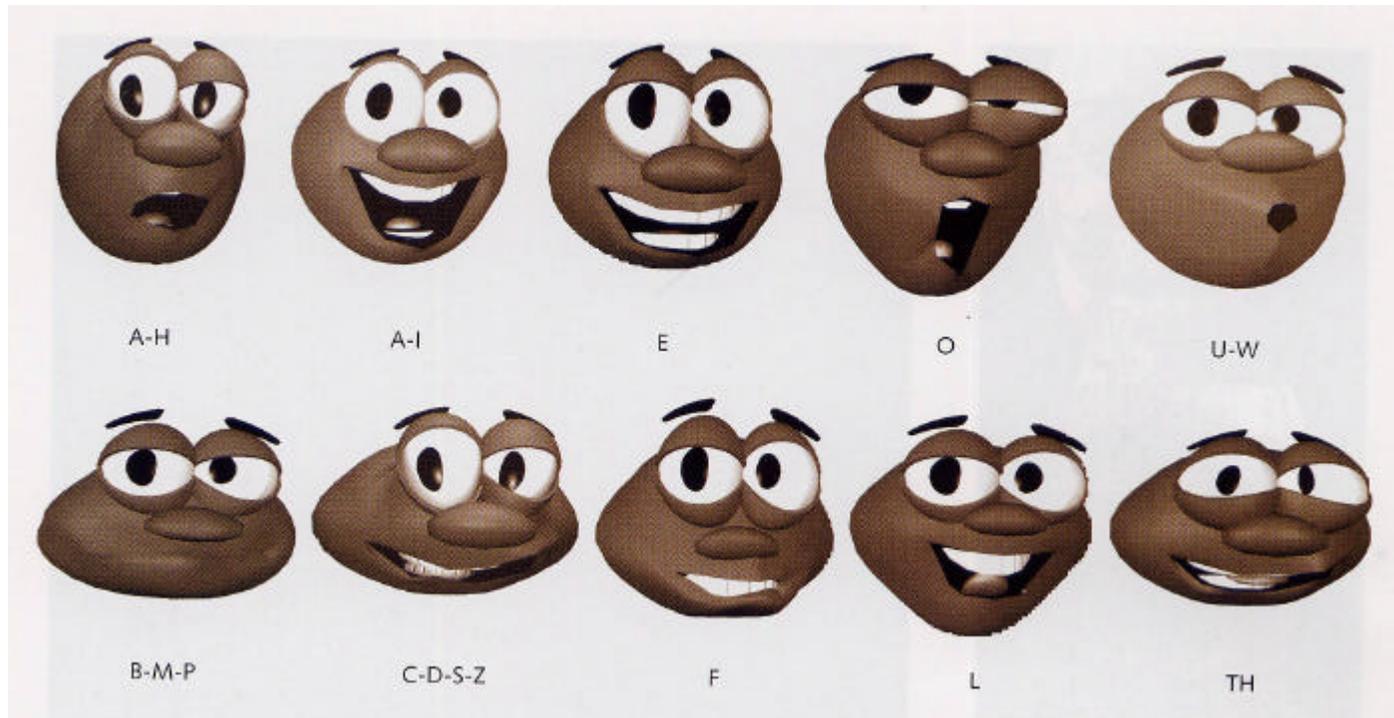


L. Revéret & Loïc Le Chevalier, Un modèle géométrique de lèvres 3D adaptable au locuteur.

**Note :** la déf<sup>n</sup> du contour interne correspond à la limite visible de l'intérieur de la cavité buccale dans une vue de face.

## Phonèmes et émotions

- Les phonèmes constituent les unités sonores minimales du langage humain.
- Chacun est aussi une expression du visage liée à un mouvement et une position donnés des lèvres, des mâchoires et de la langue. L'équivalent visuel du phonème s'appelle le visème.



Tiré de Isaac Victor Kerlow, *The Art of 3-D Computer Animation and Imaging*. Wiley, 2000, 433p.

- Une émotion est une expression du visage agissant sur différentes parties du visage (ex. : rire, pleurer, ...).

## Les cheveux

### 3 tâches à réaliser :

- Modélisation de la forme des cheveux :

Création de milliers de cheveux (100 000 à 150 000) :  
géométrie, densité, répartition, orientation, ondulation naturelle.

- Mouvement des cheveux, collision avec leur environnement, collision d'un cheveu avec lui-même, impact du vent, de la gravité, du mouvement de la tête.

- Rendu : Couleur des cheveux, ombre, lumière spéculaire, niveau de transparence, techniques de filtrage permettant de réduire les effets d'escalier.

### Difficultés :

- la quantité de cheveux en moyenne
- contrôler chaque cheveu individuellement est impensable
- le comportement non trivial (hautement déformable)
- l'apparence (frisés, ondulés, ...) • problème de collisions
- la structure géométrique très fine d'un cheveu complique le rendu.

## Les cheveux

La modélisation, l'animation et le rendu des cheveux restent un problème ouvert.

### Exigences à satisfaire :

- Un potentiel de modélisation important afin de pouvoir représenter différents styles de coiffure.

On doit être capable de s'attaquer à différents niveaux de détails.

Un modèle statique est insuffisant car les cheveux sont déformables et continuellement en mouvement.

- Produire des images réalistes dans des délais raisonnables.

Des modèles de rendu ajustables de sorte qu'une augmentation du temps de rendu devrait entraîner une meilleure qualité de l'image, tout cela sous le contrôle de l'animateur.

- Simuler le mouvement de chaque cheveu individuel, l'interaction entre les cheveux eux-mêmes, l'interaction entre les cheveux et d'autres objets.
- Les 3 composantes de modélisation, rendu et animation doivent être intégrées dans un même système.

Chaque composante facilite la tâche des deux autres.

## Modélisation de la forme des cheveux

1. L'animateur définit quelques cheveux avec leurs caractéristiques propres en 3D et le système se charge de compléter la chevelure en se basant sur les cheveux définis par l'animateur.

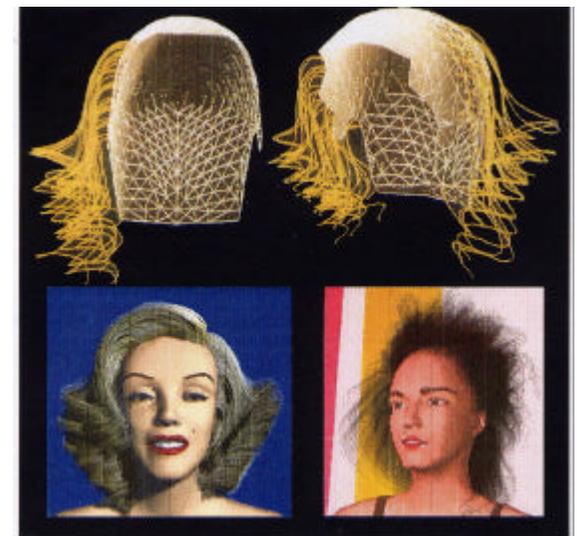
L'interface graphique disponible permet de tracer une seule courbe 3D ou un cylindre généralisé sur chaque triangle du maillage crânien.

Des paramètres tels que la densité, la répartition des cheveux, ... sont associés à chaque triangle.

Pour éviter que les caractéristiques des cheveux d'un triangle soient constants, des facteurs aléatoires sont introduits.

- Approche ennuyeuse : 5-10 heures dans cet exemple.

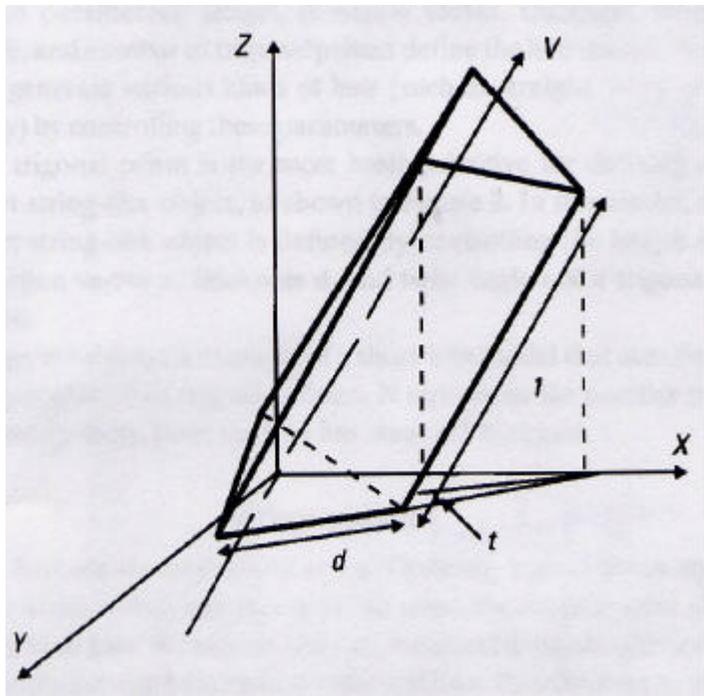
Mouvement coûteux numériquement.



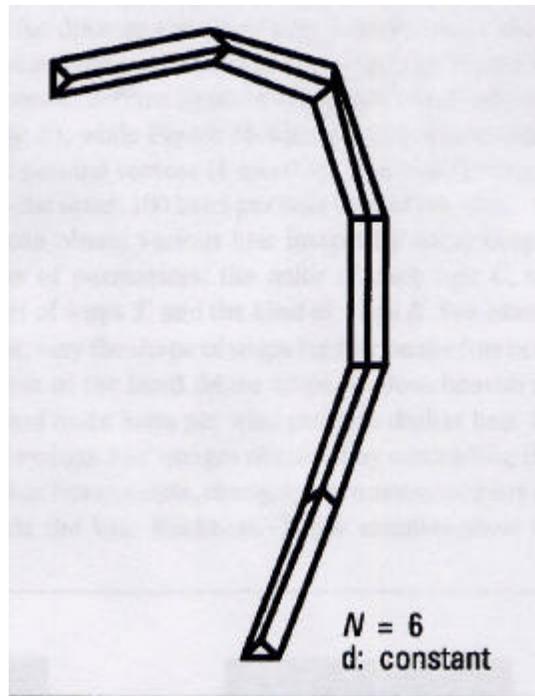
**2.** L'animateur considère une touffe de cheveux au lieu de cheveux individuels.

Tiré de Watanabe, Y., & Suenaga, Y. A trigonal prism-based method for hair image generation.  
IEEE CG & A 12, 1, 1992, 47-53.

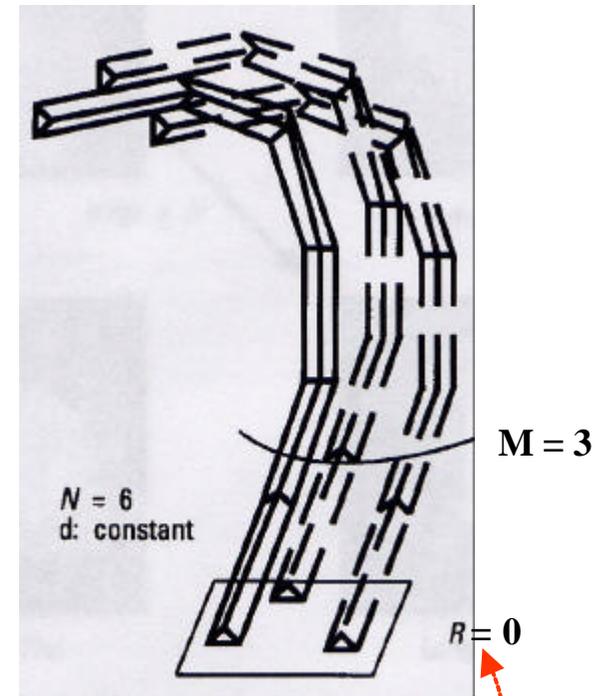
Chaque cheveu est obtenu en combinant plusieurs prismes bout à bout.



un prisme



un cheveu

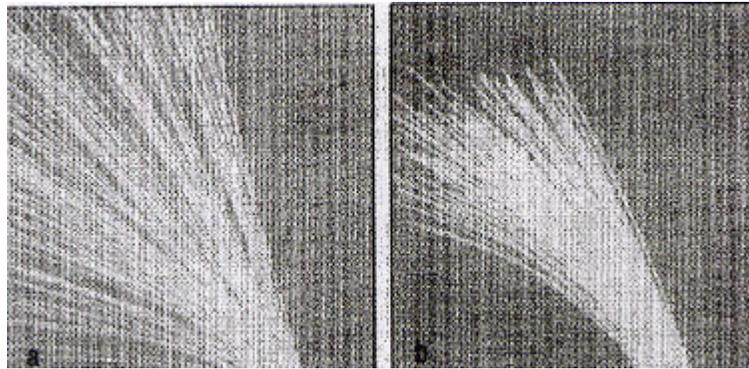


touffe

même direction

Ces paramètres peuvent générer différentes formes de chevelure (cheveux droits, ondulés, frisés).

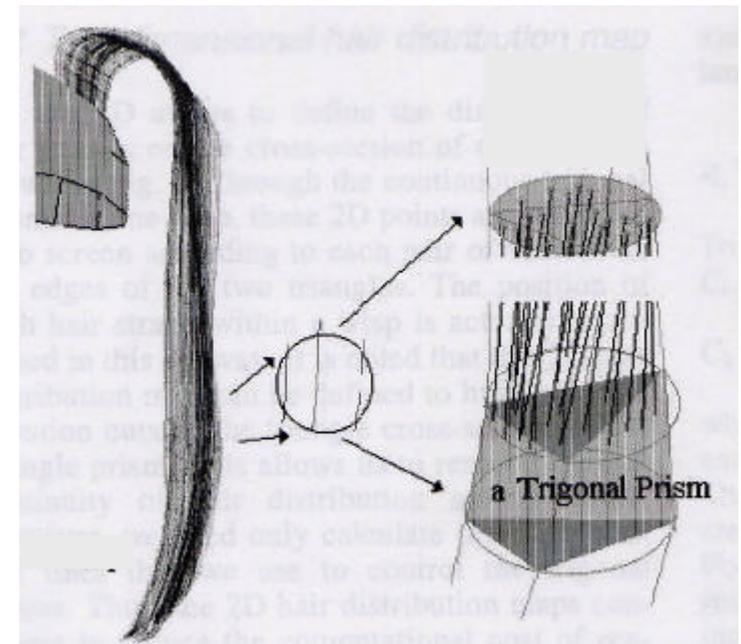
Des facteurs aléatoires peuvent aussi être introduits.



élevées      faibles  
**PERTURBATIONS**

Tiré de Lieu-Hen Chen, Santi Saeyor, Hiroshi Dohi, Mitsuru Ishizuka. A system of 3D hair style synthesis based on the wisp model. The Visual Computer, 1999, pp. 159-170.

Les prismes sont définis à l'aide de 3 courbes B-splines 3D.



3. Les cheveux sont modélisés sous forme de bandes.

Chaque bande est représentée à l'aide d'une surface paramétrique (des NURBS en particulier).

Lors de l'affichage, on considère plutôt un maillage de chaque surface.

Le mouvement des cheveux est obtenu en bougeant les points de contrôle des surfaces paramétriques.

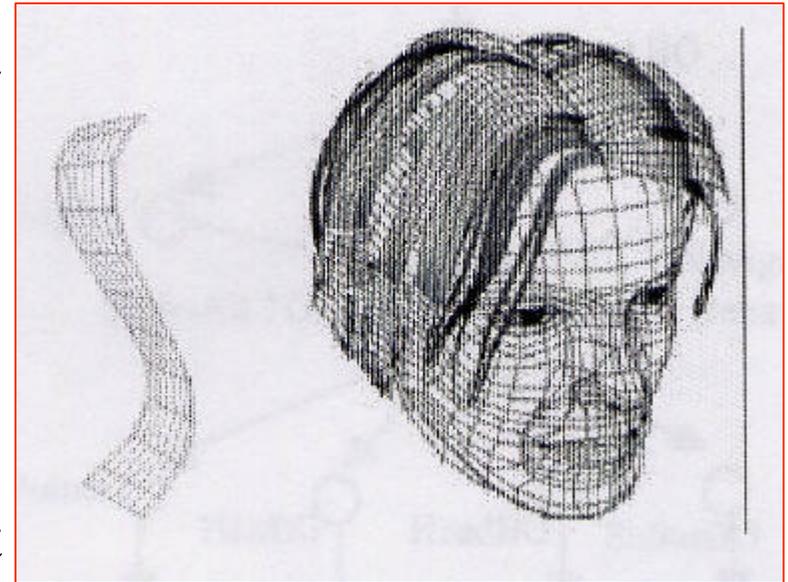


image # 1



image # 2

interpolation

#### 4. D'autres approches ...

- Des structures hiérarchiques pour représenter différents niveaux de détails.
- Des volumes de texture pour modéliser la fourrure.



Tiré de James T. Kajiya, Timothy L. Kay, Rendering Fur with three dimensional textures. SIGGRAPH'89, pp. 271- 280.

- Des modèles basés sur le comportement des fluides.

Tiré de Sunil Hadap & Nadia Magnenat-Thalmann, Modeling Dynamic Hair as a Continuum. EUROGRAPHICS 2001, Vol. 20, Number 3.

# Références

**Frederic I. Parke & Keith Waters**, Computer Facial Animation.  
A K Peters, 1996, 365p.

**Tae-Yong Kim**, Modeling, rendering and animating human hair.  
Thèse de doctorat, décembre 2002, 137p.

**Rick Parent**, ANIMATIQUE Algorithmes et techniques. Vuibert,  
2003, section 6.3, pp. 346-360.