



Humains et créatures virtuelles

Animation par habillages successifs

Marie-Paule Cani

Univ. Grenoble-Alpes, CNRS & Inria



COLLÈGE
DE FRANCE
—1530—



Organisation du cours

« Façonner l'imaginaire »



Partie 1 : Création numérique 3D

- Modélisation géométrique constructive : choix d'une représentation
- Sculpture virtuelle: des modèles d'argile aux déformations de l'espace
- Modélisation 3D à partir de dessins 2D
- Réutilisation et transfert des modèles 3D

Partie 2 : Mondes virtuels animés

- Création intuitive des éléments d'un paysage
- Animation efficace de phénomènes naturels : des détails qui s'adaptent
- **Cours 7 : Humains et créatures virtuelles : animation par habillages successifs**
Séminaire : Simuler les foules et peupler les mondes virtuels. Julien Pettré
- Vers une animation expressive – marier réalisme et contrôle ?

Motivation : Personnages virtuels

- Besoins énormes : films, jeux, simulateurs...
- Objectifs variés : réalisme, expressivité, temps-réel

Exemple : Héritage culturel

- Exploration temps-réel d'un port Malais au 18ième siècle [Kim2013]



Réalisme et efficacité, plusieurs centaines de personnages autonomes

Animation par « habillages successifs »

✓ Hiérarchie de sous-modèles

- Intelligence : trajectoires et vitesses, actions
- Squelette : mouvements et gestes + mimiques
- Déformations de la chair, de la peau
- Vêtements et chevelures



✓ Rétroaction rarement nécessaire

Difficulté ('uncanny valley' [Mori70])

Les anomalies sautent aux yeux!



Visages expressifs



[Ding 2014]

Humains et créatures virtuelles

Ce cours

A partir de l'animation d'un squelette articulé

1. Déformation de la chair et de la peau
2. Animation des vêtements
3. Simulation des chevelures



Séminaire de Julien Pettré : Niveau « intelligence » des personnages

Simuler les foules et peupler les mondes virtuels

✓ *Animation du squelette*

✓ *Corps déformable*

✓ *Vêtements*

✓ *Chevelures*

Animation d'un squelette articulé

Hiérarchie de repères liés aux os

Trois approches pour l'animer

1. Spécification manuelle

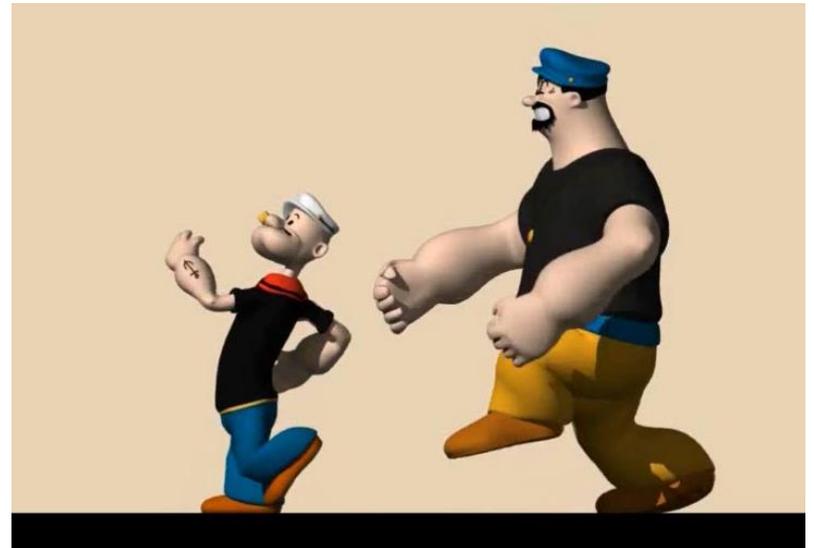
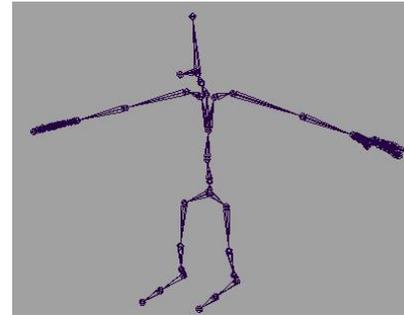
Cinématique directe

- Interpolation de postures clés

Cinématique inverse

- Contrôle des extrémités

+ laisse toute liberté à l'animateur



✓ *Animation du squelette*

✓ *Corps déformable*

✓ *Vêtements*

✓ *Chevelures*

Animation d'un squelette articulé

2. Simulation



@ ACM

Modèles physique

- Solides
- Articulations

Module de contrôle

- Action des muscles
- Contrôle de l'équilibre

3. Capture

@ Morpheo/Inria

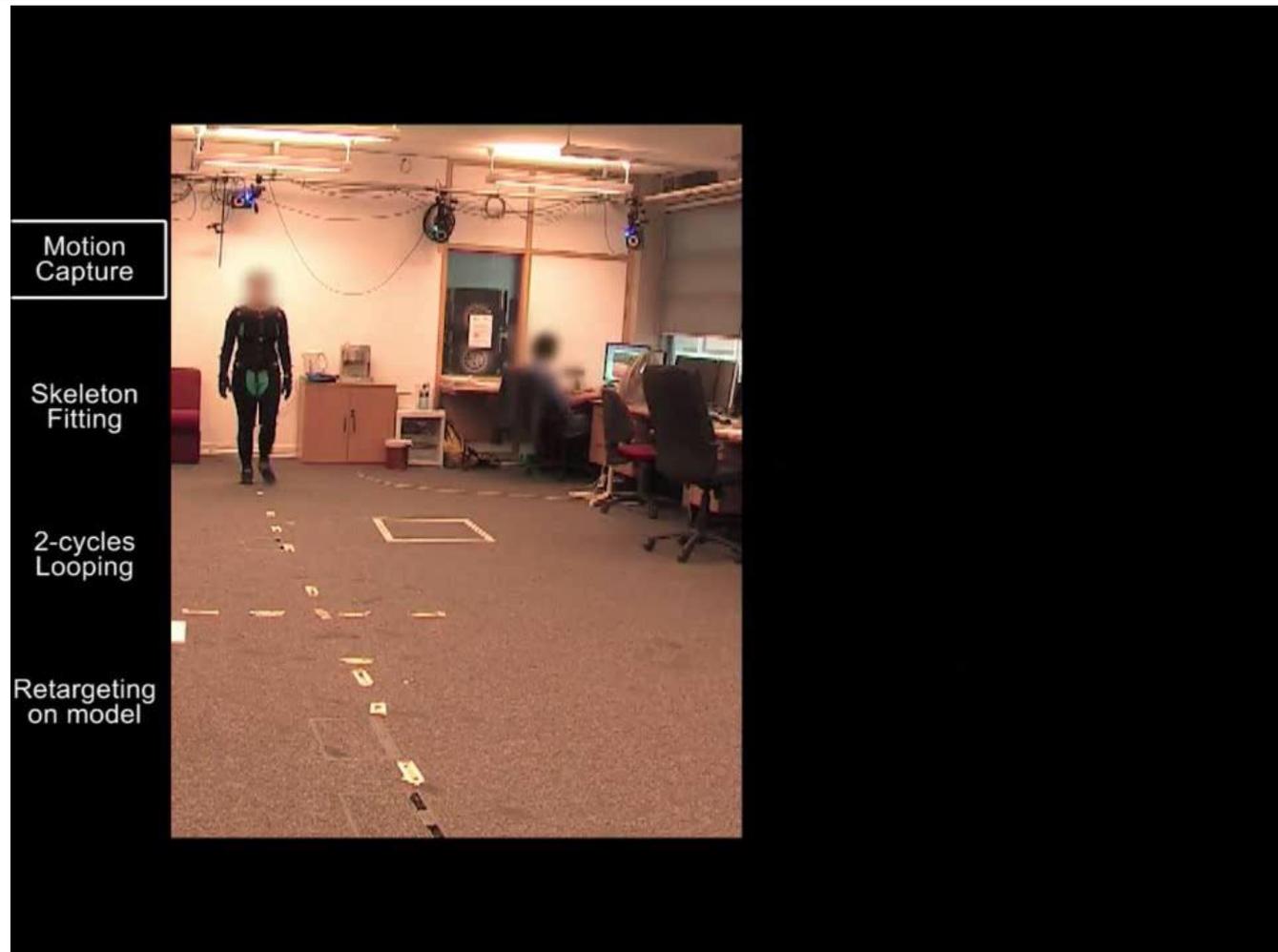


Base de données de mouvements
A modifier, combiner...

+ **Possibilité de contrôle de haut niveau (trajectoire, vitesse, action)**

- ✓ *Animation du squelette*
- ✓ *Corps déformable*
- ✓ *Vêtements*
- ✓ *Chevelures*

Exemple : Processus de capture



[Hoyet 2013]
@ACM

- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Animation complète à partir du squelette ?

Simulation anatomique

- ✓ Gonflement des muscles
- ✓ Ballotement dynamique
- ✓ Glissement et plis de la peau



@Imagine/Inria

+ Précision

- Besoin d'un modèle anatomique
- Coûteux en temps de calcul



- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Chair et peau géométriques

Méthodes « d'enrobage » (skinning)

Attacher des formes 3D à chaque os

- Effet de poupée articulée !



Enrobage lisse (« smooth skinning », « linear blend skinning »)

- Pour chaque point du maillage
 - définir un poids k_i pour chaque os S_i
- Pendant l'animation, à chaque instant
 - combiner les positions dans les repères liés à S_i

$$P = \sum k_i T_i(P)$$



- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

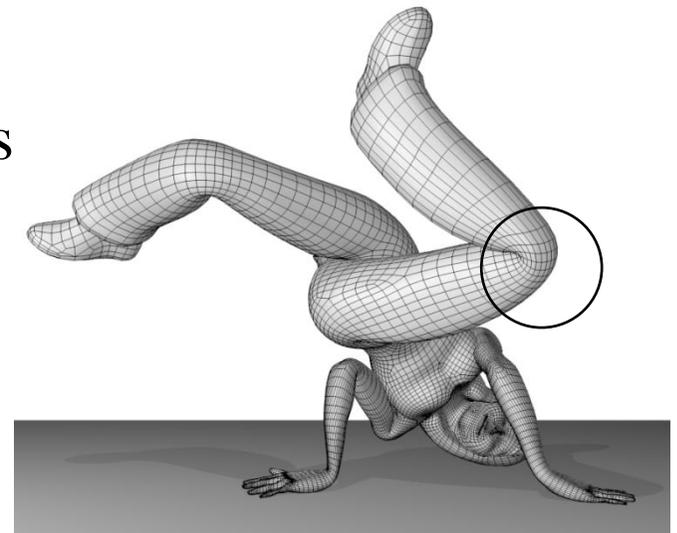
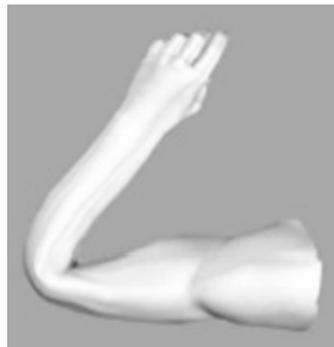
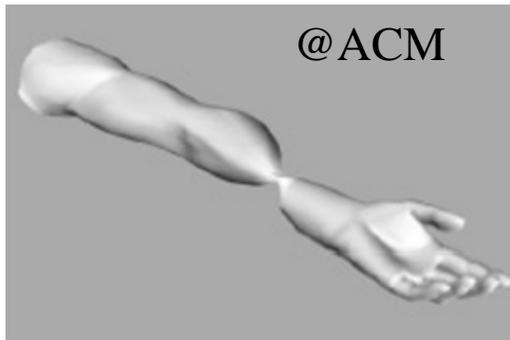
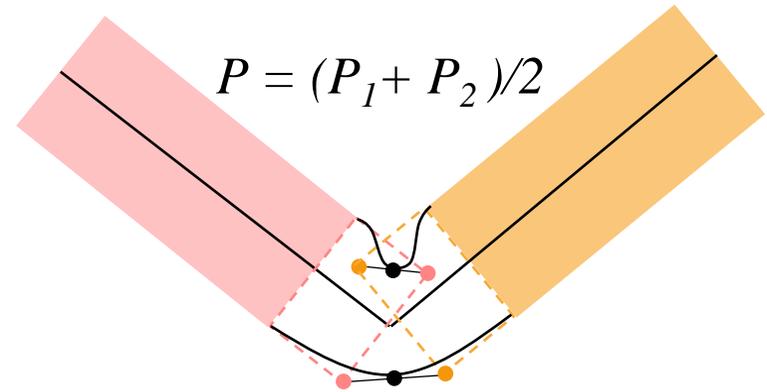
Enrobage lisse : résultats

Avantages

- + Faible coût mémoire
- + Calcul rapide
- + Possibilité de paralléliser

Problème : artefacts visuels

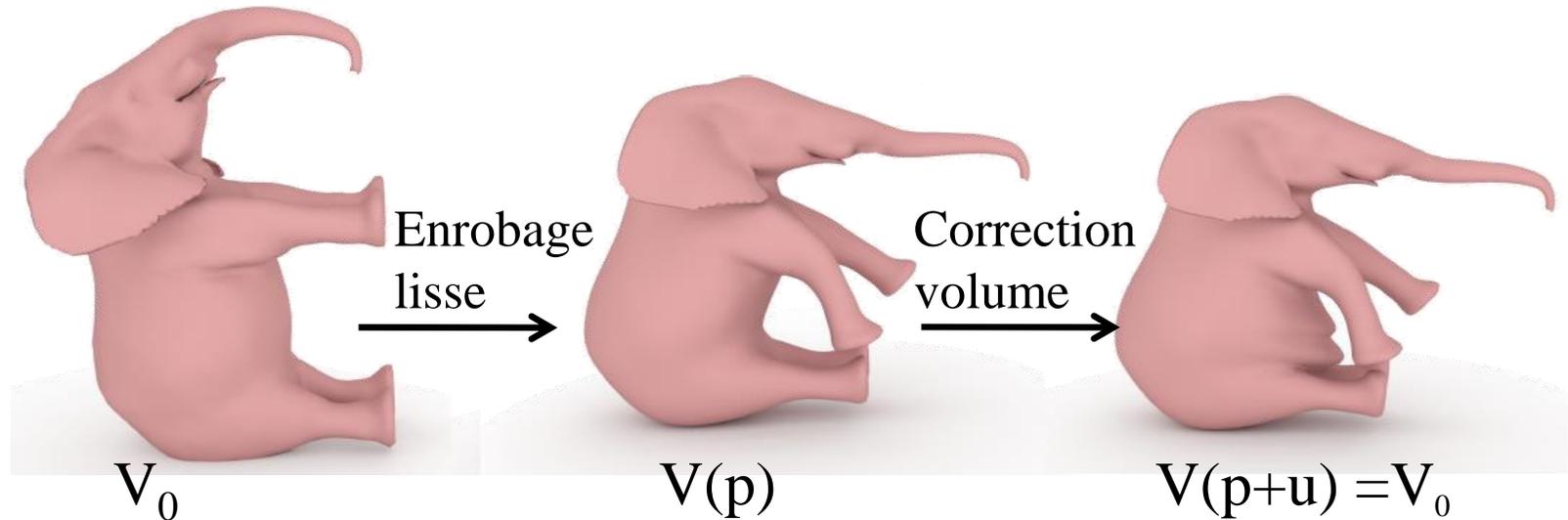
- Perte de volume, articulations trop arrondies



- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Enrobage à volume constant

- Corriger l'enrobage lisse ?

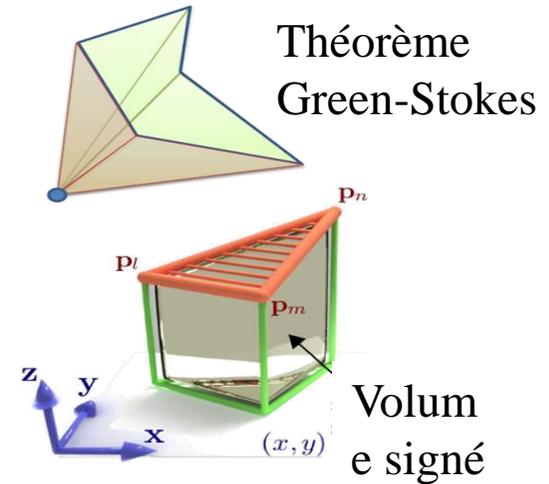


- Calculer un champ de déplacement u à partir de $\Delta V = V(p) - V_0$

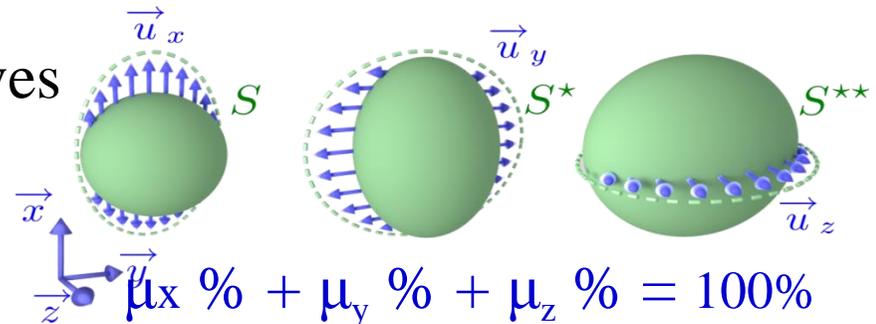
- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Enrobage à volume constant

- On cherche u de norme min, tel que $V(p+u) = V_0$
- Volume : fonction **trilinéaire** en x , y et z
 - Aire (2D) = \sum aires signées de triangles
 - Volume (3D) = \sum volume signés de prismes
$$V = \sum_{\text{triangle}} (z_{\text{average}}) A(x,y)$$



Solution : 3 corrections axiales successives
 → solution analytique pour chacune
 (multiplicateurs Lagrange)



- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Contrôler des corrections locales

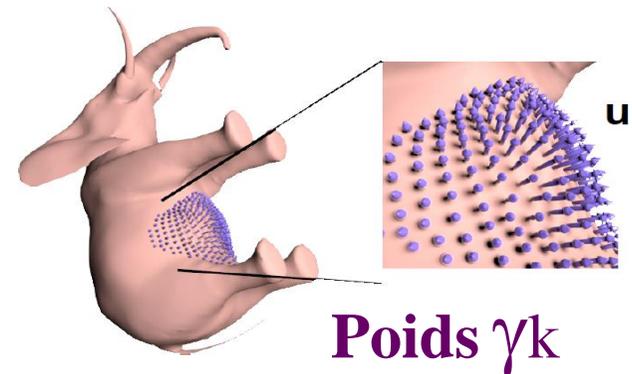
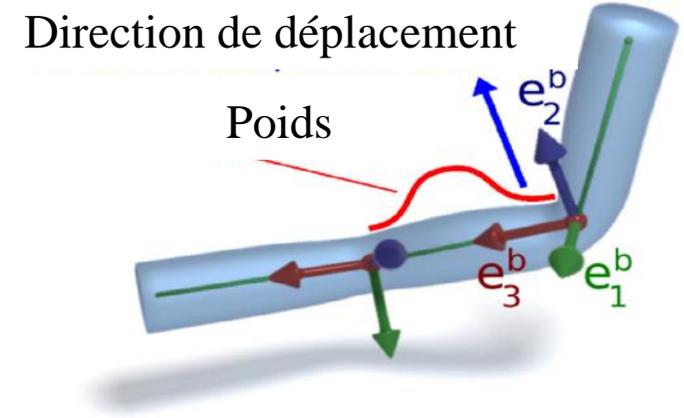
Prédéfinir pour chaque os

- Les pourcentages μ_x, μ_y, μ_z
- Un profil 1D par axe : poids γ_k

Pour chaque os du squelette

1. Calcul du ΔV du à son mouvement
2. Corrections : résoudre sur chaque axe

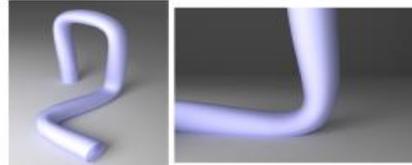
$$\left\{ \begin{array}{l} \min \\ \text{sous} \end{array} \right. \sum_k \frac{\|u_k\|^2}{\gamma_k} \quad V(p + u) = V_{\text{cible}}$$



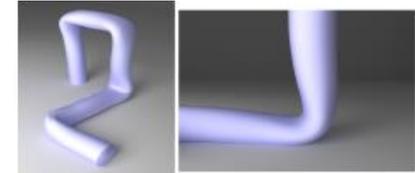
- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Résultats [Rohmer 2009]

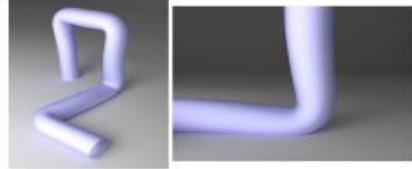
Enrobage lisse



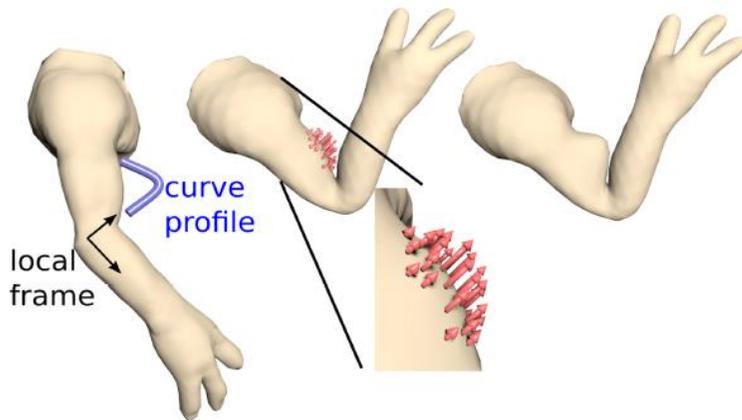
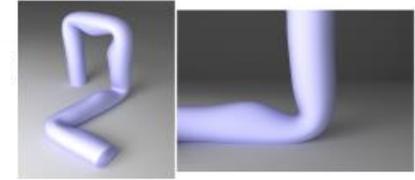
Effet caoutchouc



Correction isotrope



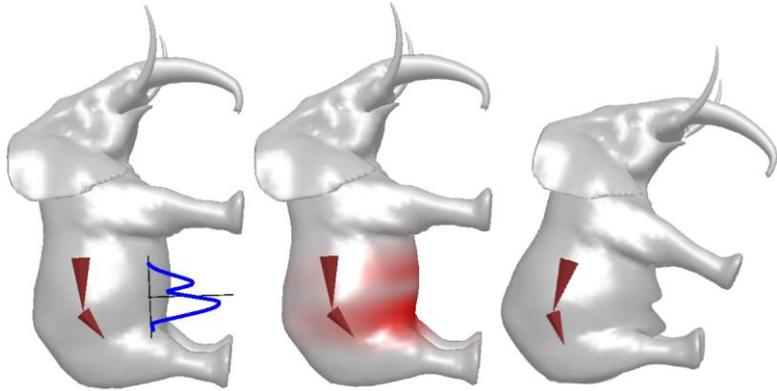
Effet organique



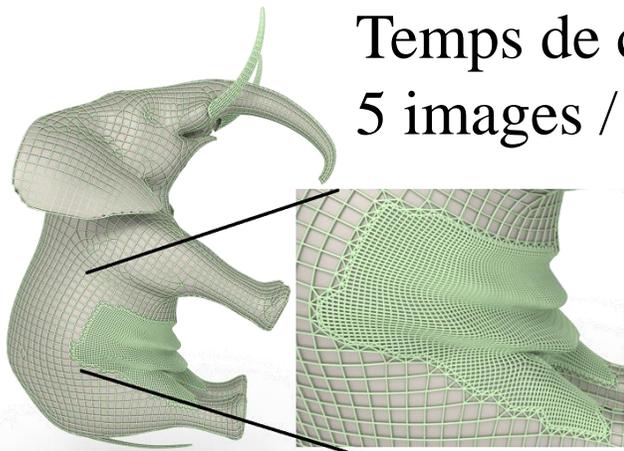
Real Giraffe

- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

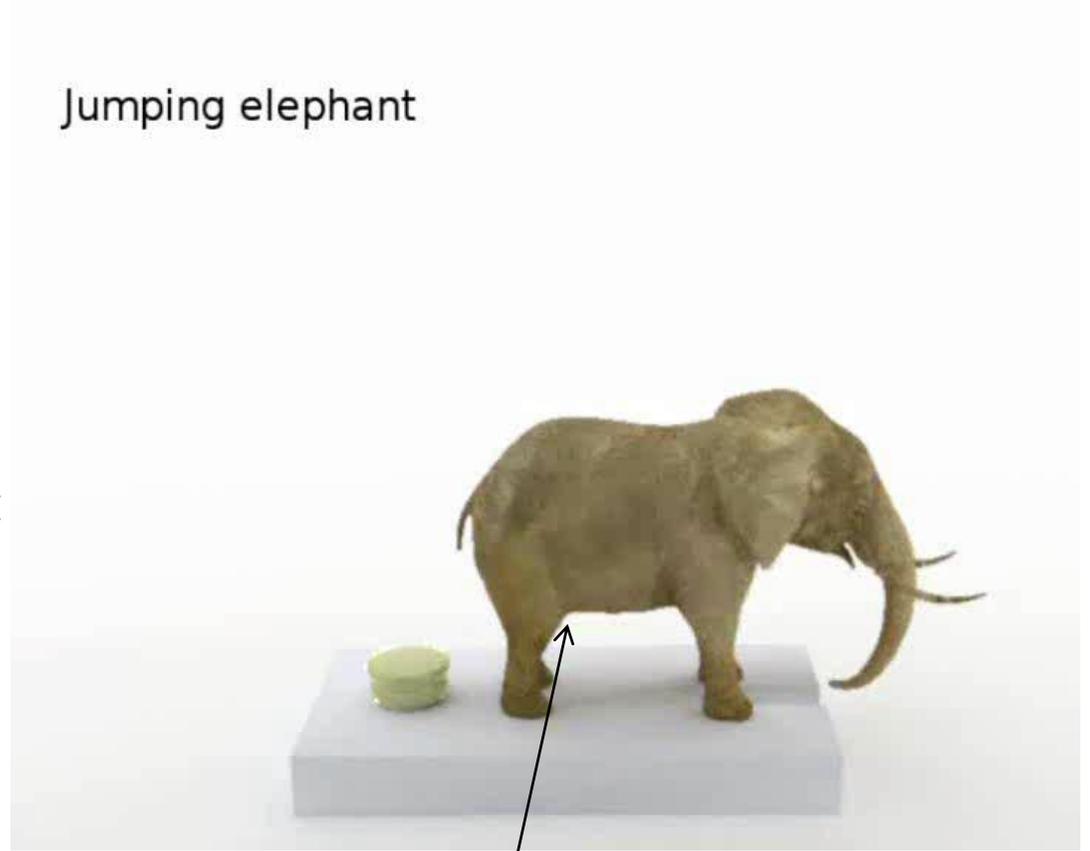
Résultats [Rohmer 2009]



Jumping elephant



Temps de calcul :
5 images / sec



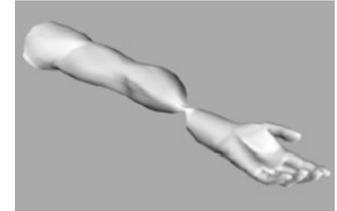
Ne corrige pas la forme des articulations

- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Quaternions duaux [Kavan 08]

Enrobage lisse : $P = \sum k_i T_i (P) = (\sum k_i T_i) (P)$

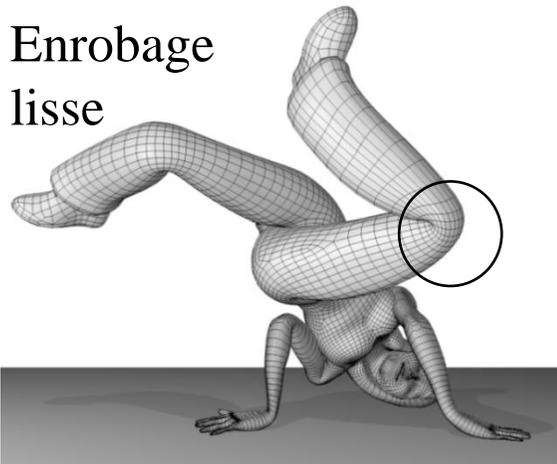
- rigidité non préservée, effet « papier de bonbon »



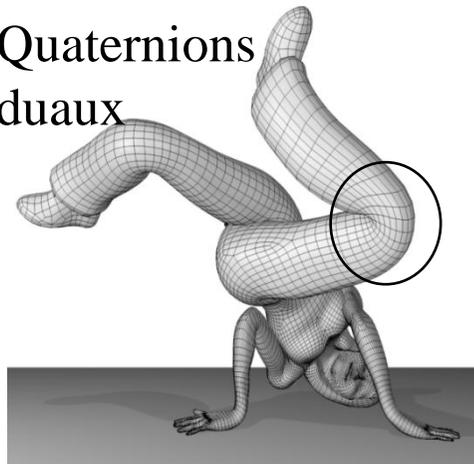
Représentation pour un meilleur mélange ?

- rotations par quaternions duaux [Clifford 1882]
- interpolation linéaire + remise à l'échelle

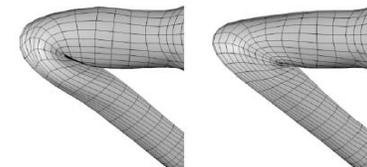
Enrobage
lisse



Quaternions
duaux



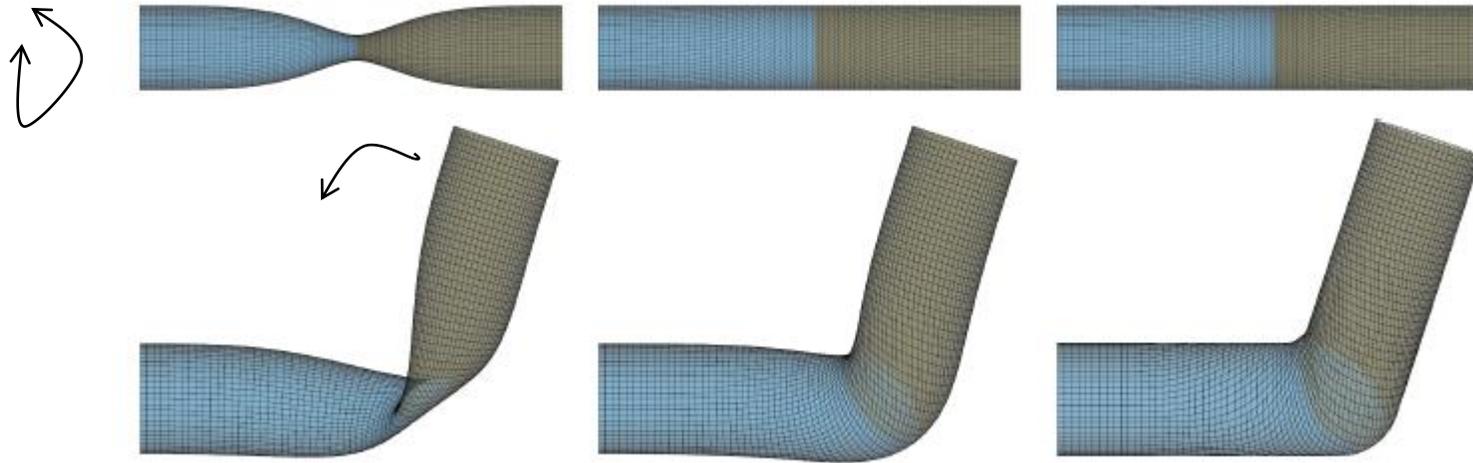
Pertes de volume réduites
D'autres problèmes visuels



Quaternions / Référence

- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Enrobage adapté aux articulations ?



Enrobage « lisse »

Quaternions duaux

Objectif : coude

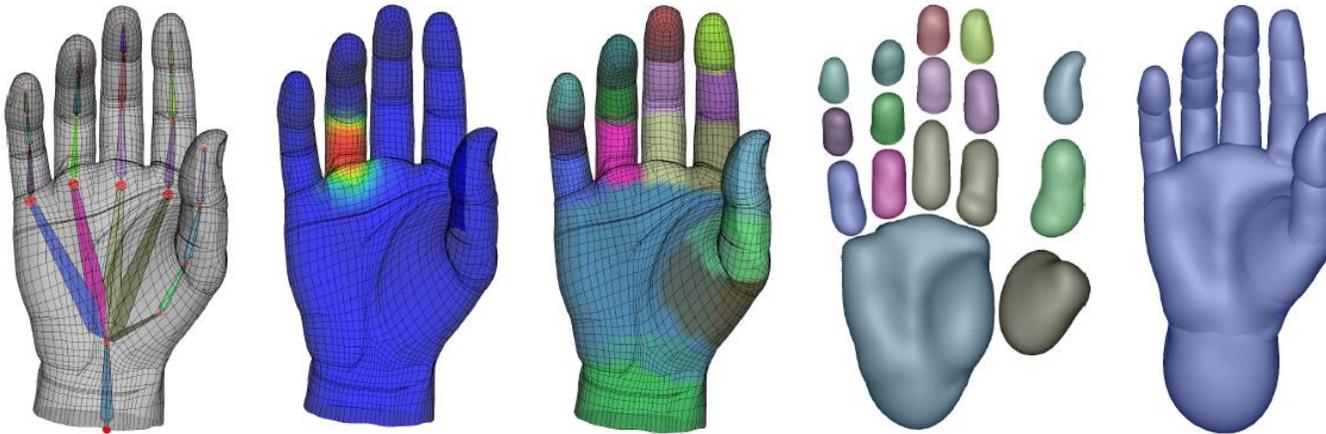
Rester à l'extérieur des volumes associés aux os !

- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Méthode d'enrobage volumique ?

Enrobage implicite

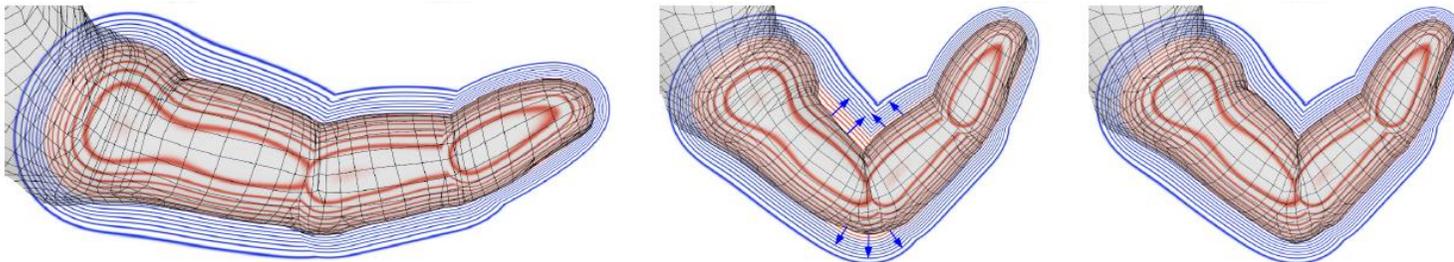
Idée : maintenir chaque point du maillage sur une iso-surface



Surface implicite

Mélanges avancés

- gonflements
- contacts



Projection des points de la peau

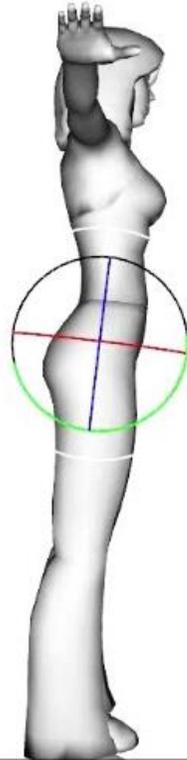
Enrobage classique

- ✓ *Animation du squelette*
- ✓ ***Corps déformable***
- ✓ *Vêtements*
- ✓ *Chevelures*

Enrobage implicite

Résultats [Vaillant 2013]

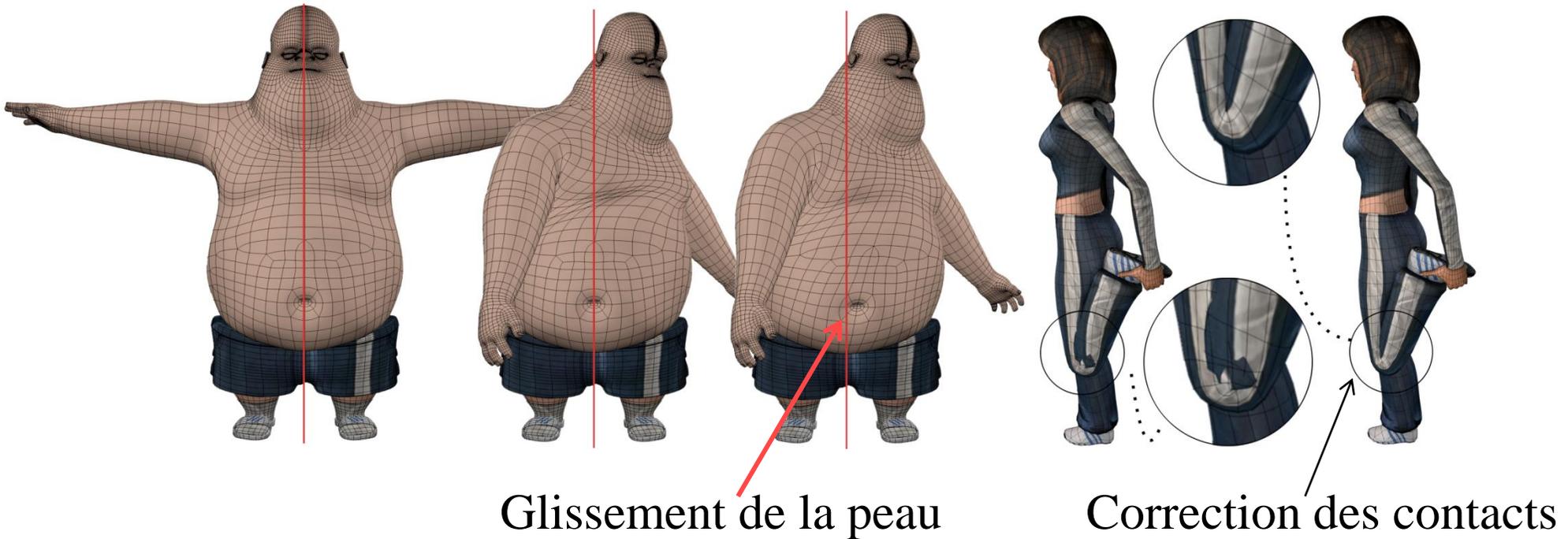
Problem of standard skinning methods



- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Enrobage implicite « élastique »

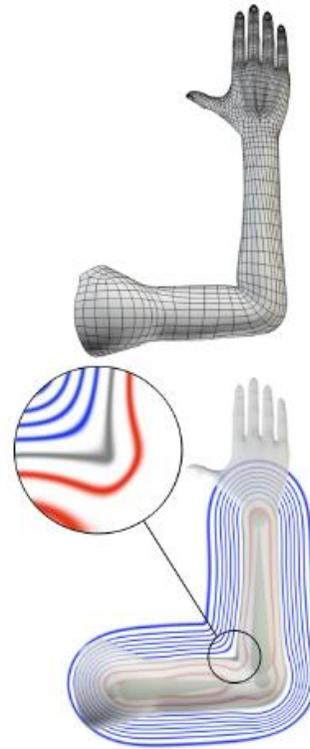
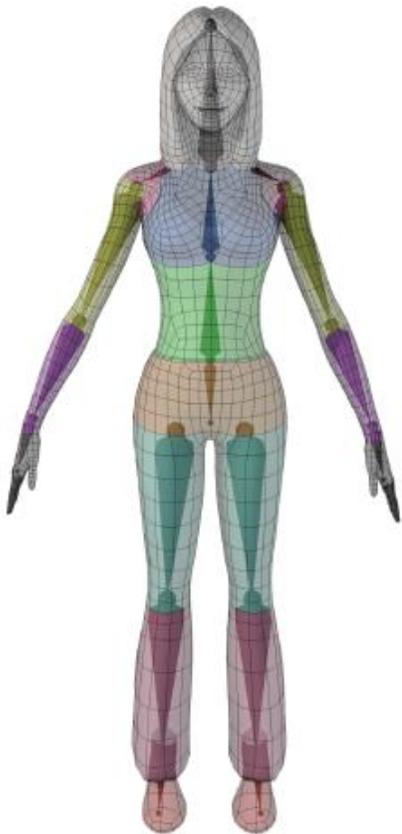
- Projeter les points à partir de leur position précédente
 - Cohérence temporelle et plus de robustesse



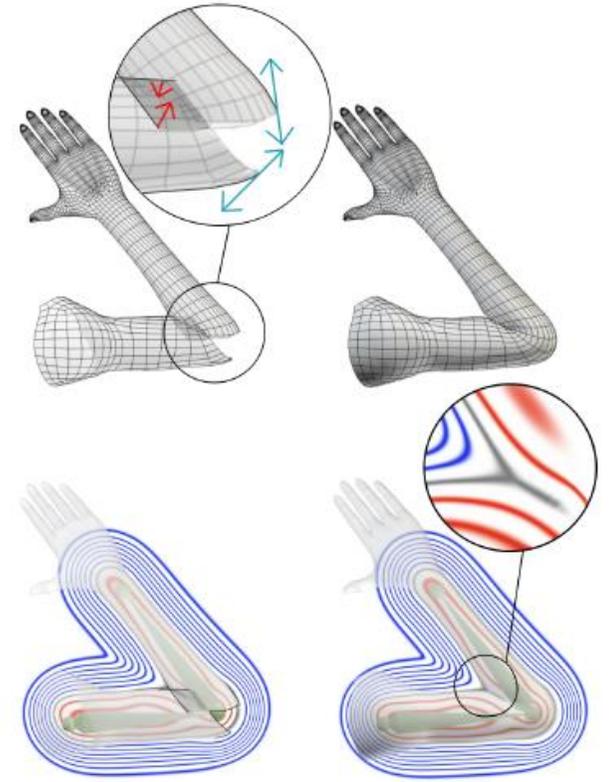
- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Enrobage implicite « élastique »

Précalculs



Peau temps t



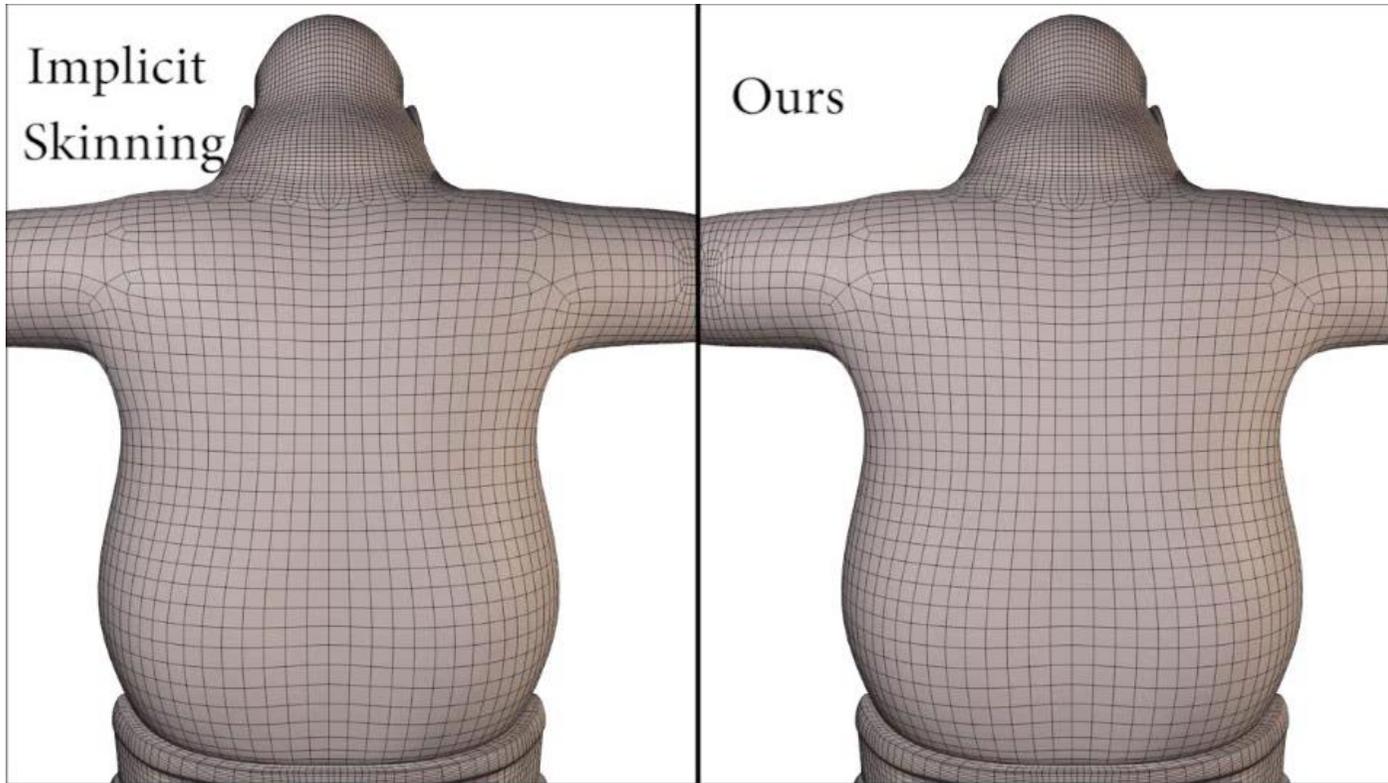
Déplacement rigide

Convergé $t+dt$

- ✓ Animation du squelette
- ✓ **Corps déformable**
- ✓ Vêtements
- ✓ Chevelures

Enrobage implicite élastique

Résultats [Vaillant 2014]



- ✓ *Animation du squelette*
- ✓ *Corps déformable*
- ✓ ***Vêtements***
- ✓ ***Chevelures***

Animation des parties flottantes

Simulation par modèle physique (dynamique)

1. Difficultés pour les vêtements

- Non compressibles : formation de plis
- Coût (raideur élevée et maillage très fin)
- Collisions entre objets minces



2. Difficultés pour les cheveux

- 100 000 cheveux inextensibles
- Importance des interactions (volume..)
- Collisions entre objets linéiques !



[Anjyo 91] @ACM

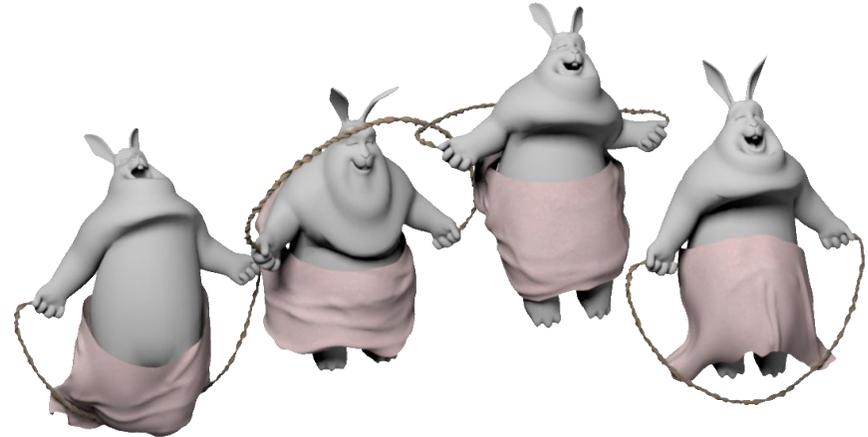
- ✓ Animation du squelette
- ✓ Corps déformable
- ✓ **Vêtements**
- ✓ Chevelures

Stratégie des hiérarchies de modèles

Cas des vêtements

Sous phénomènes observés

- Mouvement dynamique
- Plis restaurant l'isométrie



Sous-modèles

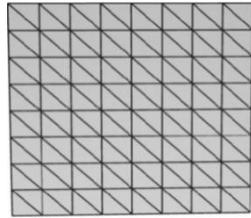
1. Dynamique à basse résolution : simulation d'un maillage grossier
2. Plis restaurant l'isométrie : couche géométrique

Cohérence : Couplage à définir !

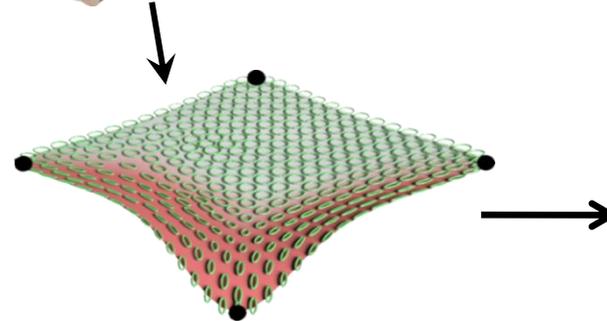
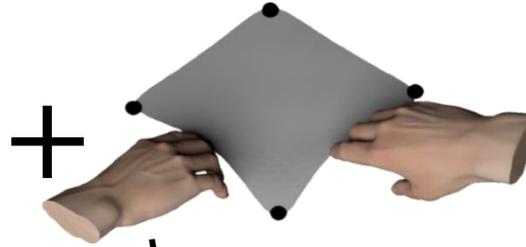
- ✓ Animation du squelette
- ✓ Corps déformable
- ✓ **Vêtements**
- ✓ Chevelures

Mesure de la compression

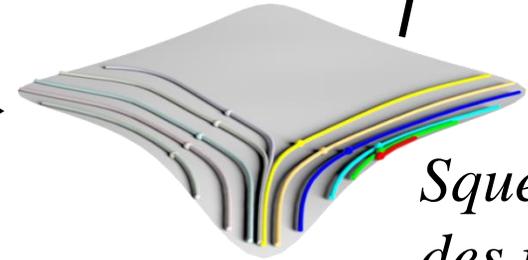
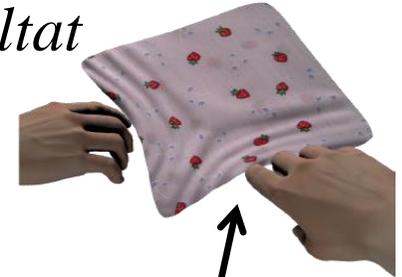
Entrée
masses-ressorts
basse résolution



\bar{S}



Résultat



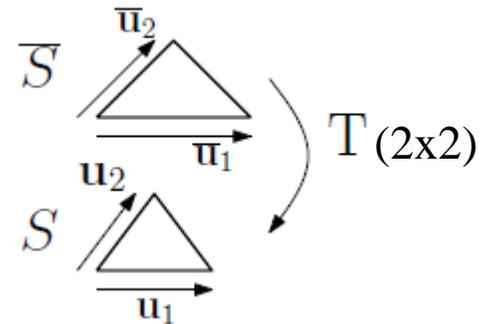
Squelettes
des plis

**Champ de
compression continu?**

Tenseur d'étirement par triangle $\bar{U} = \sqrt{T^T T}$

Valeur propre = Amplitude de compression

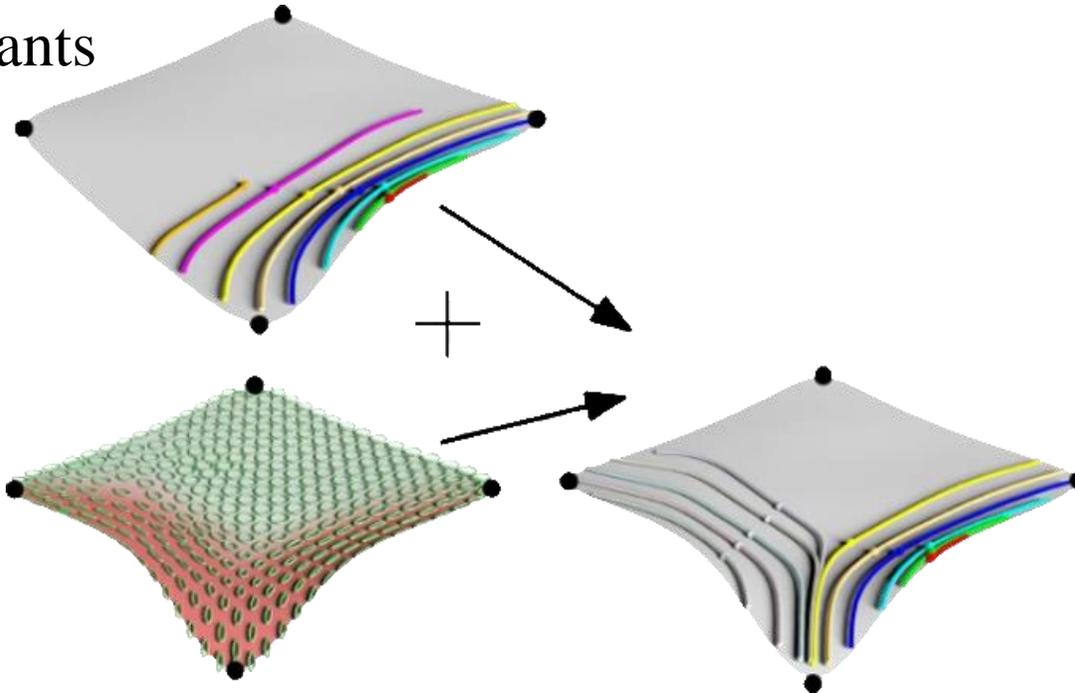
Vecteur propre = Direction de compression



- ✓ Animation du squelette
- ✓ Corps déformable
- ✓ **Vêtements**
- ✓ Chevelures

Cohérence temporelle

Squelettes de plis existants



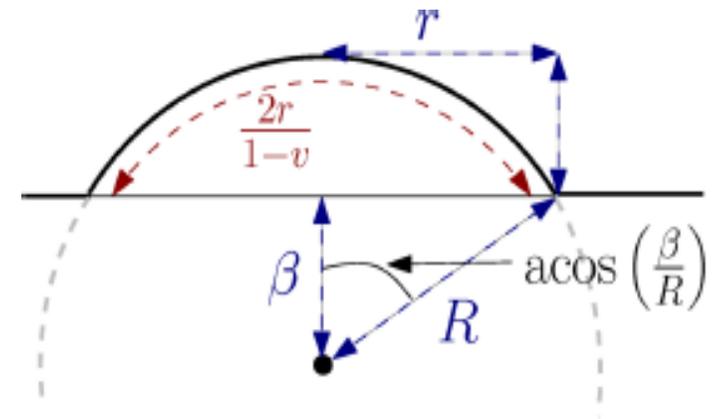
Compression actuelle

Nouveaux squelettes de plis
(glissement des plis existants + ajouts)

- ✓ Animation du squelette
- ✓ Corps déformable
- ✓ **Vêtements**
- ✓ Chevelures

Modélisation géométrique des plis

- L'utilisateur définit l'épaisseur du textile



Portion de cylindre

Compense la compression

Loi empirique

Rayon = f (compression)

- ✓ Animation du squelette
- ✓ Corps déformable
- ✓ **Vêtements**
- ✓ Chevelures

Modélisation géométrique des plis

Mais les plis peuvent se fusionner !

Déformeurs implicites : Surfaces implicites à squelette

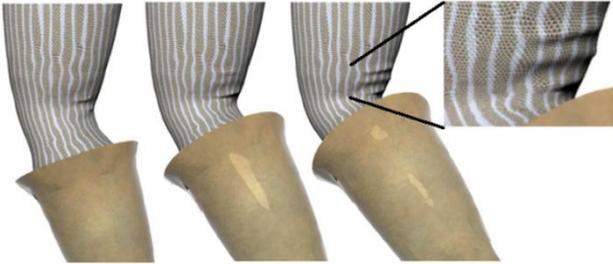
- Points du maillage projetés sur l'iso-surface à chaque instant



Pas de collision à détecter!

- ✓ Animation du squelette
- ✓ Corps déformable
- ✓ **Vêtements**
- ✓ Chevelures

Résultats [Rohmer 2010]

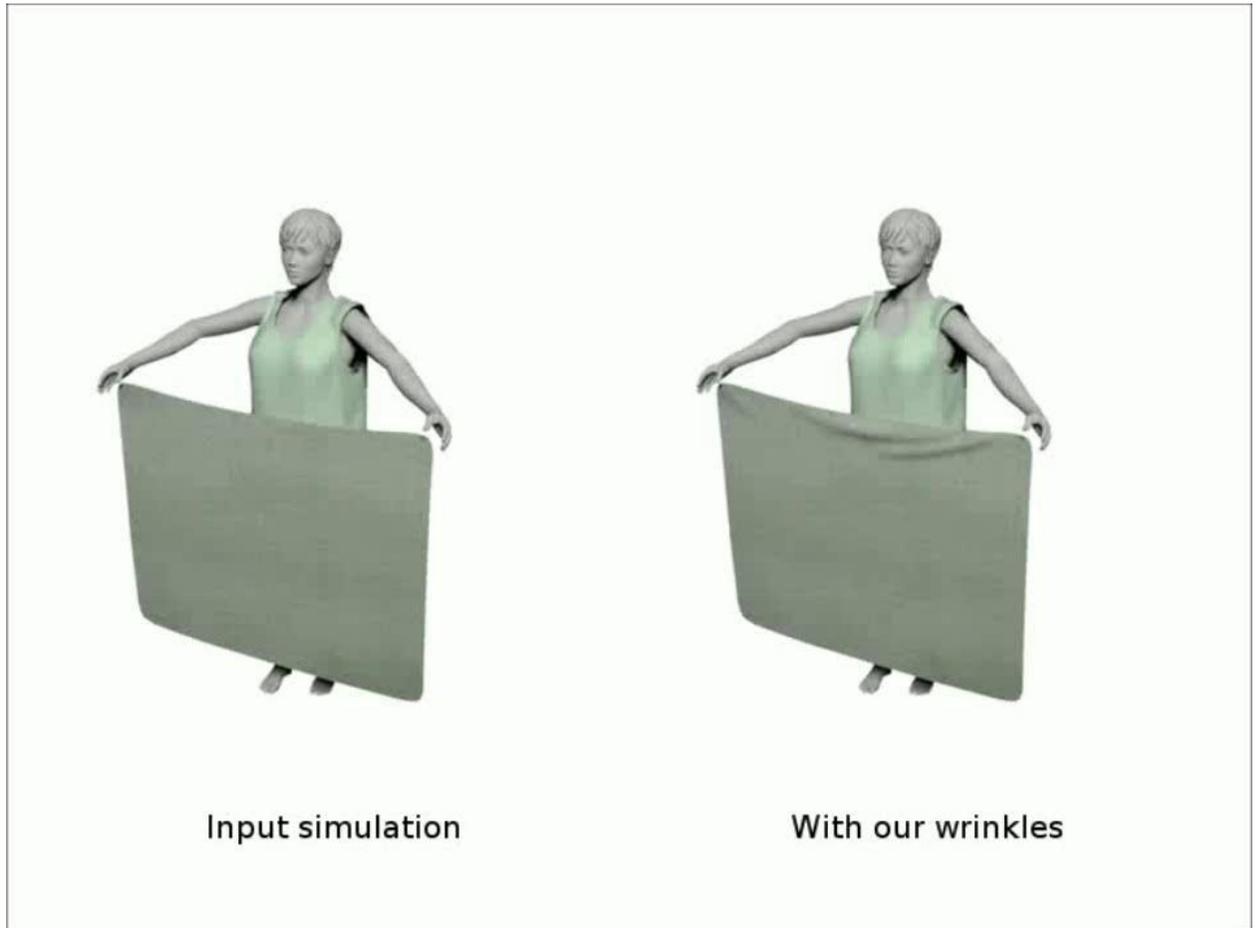


Vêtements moulants

1. Enrobage
2. Plis

Vêtements flottants

1. Simulation
2. Plis



- ✓ *Animation du squelette*
- ✓ *Corps déformable*
- ✓ *Vêtements*
- ✓ ***Chevelures***

Animation de cheveux

Une chevelure

- 100 000 cheveux inextensibles, interagissant deux à deux
- Les interactions conditionnent la forme au repos et la dynamique



- ✓ *Animation du squelette*
- ✓ *Corps déformable*
- ✓ *Vêtements*
- ✓ ***Chevelures***

Modèle multicouches pour les cheveux

Sous phénomènes

- Mouvement dynamique
- Interactions avec le corps et au sein de la chevelure
- Aspect visuel : multitude de cheveux



Trois sous -modèles

1. Mouvement dynamique : simuler des « cheveux guides »
2. Interactions : mèches volumiques
3. Géométrie : Ajout de cheveux

Rétroaction : forces de collision à transmettre aux cheveux guides

- ✓ Animation du squelette
- ✓ Corps déformable
- ✓ Vêtements
- ✓ **Chevelures**

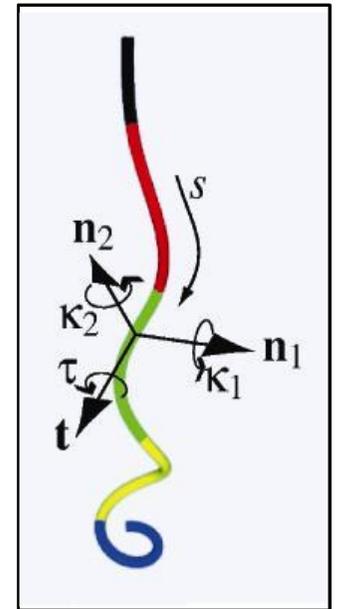
1. Animation des cheveux guides

Super-hélices

- Modèle discret : Tige hélicoïdale par morceaux
- Degrés de liberté q
 - deux courbures, une torsion – aucune élongation !
- Equations dynamiques des tiges de **Kirchoff**

$$M(q) q'' + K (q - q_0) = A(q, q') + \text{int}(J(s, q, t), F(s, t))$$

- Calcul analytique d'un certain nombre de termes
(logiciel *Mathematica*)

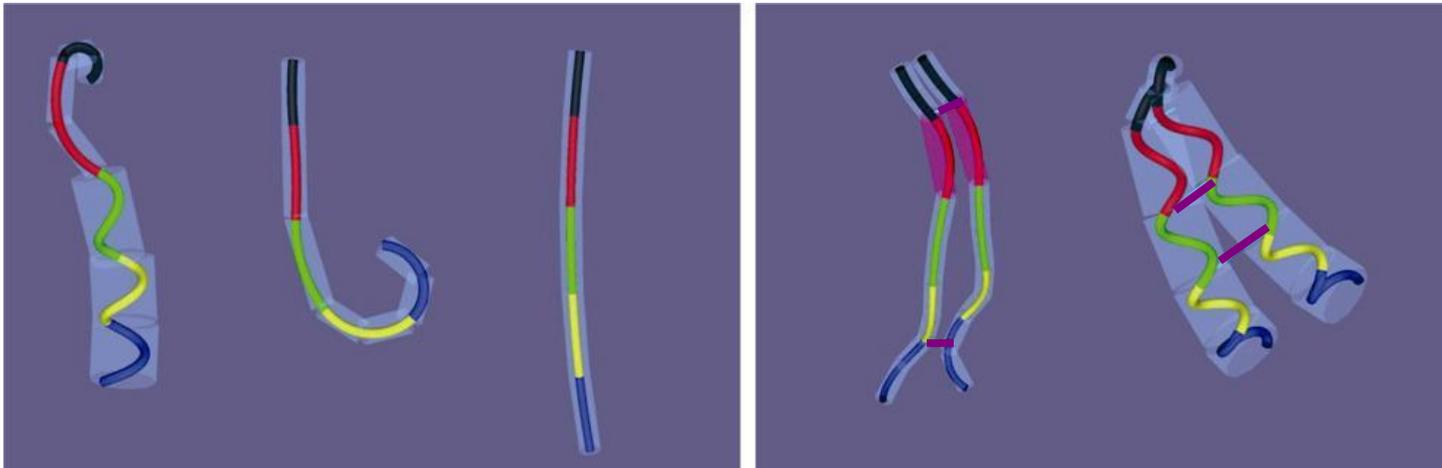
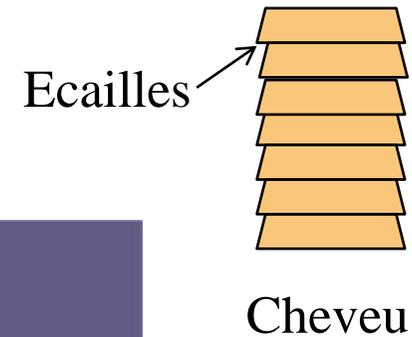


Détails et extensions : Séminaire Florence Bertails le 17/04

- ✓ Animation du squelette
- ✓ Corps déformable
- ✓ Vêtements
- ✓ **Chevelures**

2. Mèches volumiques et collisions

- Enveloppes des mèches adaptatives, fonction de la courbure
- **Détection exploitant la cohérence temporelle** ($O(m)$, m nb guides)
 - Suivi des paires de points les plus proches
- Réponse aux collisions anisotrope



- ✓ *Animation du squelette*
- ✓ *Corps déformable*
- ✓ *Vêtements*
- ✓ *Chevelures*

3. Chevelure complète

- Ajout de cheveux géométriques
 - Interpolation en haut
 - Extrapolation en bas



[Bertails 2006]
@ACM

- ✓ *Animation du squelette*
- ✓ *Corps déformable*
- ✓ *Vêtements*
- ✓ ***Chevelures***

Résultats [Bertails 2006]



Conclusion : Humains et créatures virtuelles

Phénomène complexe : Animation par habillages successifs

- Squelette
- Peau : enrobage ou simulation anatomique
- Vêtements et chevelures –modèles à couche !



Vers l'animation temps-réel de personnages complets

Recherche très active

- Contrôle des mouvements, des visages, des gestes expressifs
- Contrôle à grande échelle ? **Peupler les mondes virtuels ?**

Séminaire de Julien Pettré (Inria Rennes) : Animation de foules

Bibliographie

- DING, Huang, Fourati, Artières, Pelachaud. Upper Body Animation Synthesis for a Laughing Character .International Conference on Intelligent Virtual Agent (IVA), 2014
- Hoyet, Ryall, Zibrek, Park, Lee, Hodgins and O'Sullivan (2013). Evaluating the Distinctiveness and Attractiveness of Human Motions on Realistic Virtual Bodies. *ACM Trans. Graph.* 32, 6.
- Kavan, Collins, Zara, O'Sullivan (2008). Geometric skinning with approximate dual quaternion blending. *ACM Transaction on Graphics*, 27(4), 2008.
- Lim, Cani, Galvane, Pettré, Zawawi (2013). Simulation of Past Life: Controlling Agent Behaviors from the Interactions between Ethnic Groups. *Digital Heritage 2013*.
- Rohmer, Hahmann, Cani (2009). Exact volume preserving skinning with shape control. In *Eurographics/ACM SIGGRAPH Symposium on Computer Animation*.
- Rohmer, Popa, Cani, Hahmann, Sheffer (2010). Animation wrinkling: Augmenting coarse cloth simulations with realistic-looking wrinkles. *ACM TOG*, 29(5), SIGGRAPH Asia 2010.
- Vaillant, Barthe, Guennebaud, Cani, Rohmer, Wyvill, Gourmel, Paulin (2013). Implicit Skinning: Real-Time Skin Deformation with Contact Modeling, *ACM TOG 34, SIGGRAPH*
- Vaillant, Barthe, Guennebaud, Wyvill, Cani. (2014). Robust Iso-Surface Tracking for Interactive Character Skinning. *ACM TOG (SIGGRAPH Asia'2014)*, 33(6).