

Création de mondes virtuels animés

■ Partie 1. Comment créer un monde virtuel?

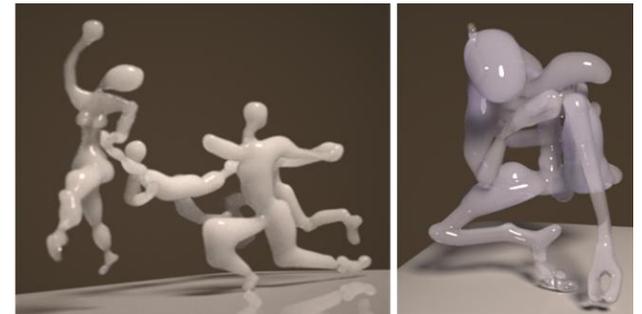
- Modélisation de la géométrie
- Rendu des images
- Animation

Exemple: *Scènes naturelles animées*



■ Partie 2. Zoom sur un outil: les Surfaces Implicites

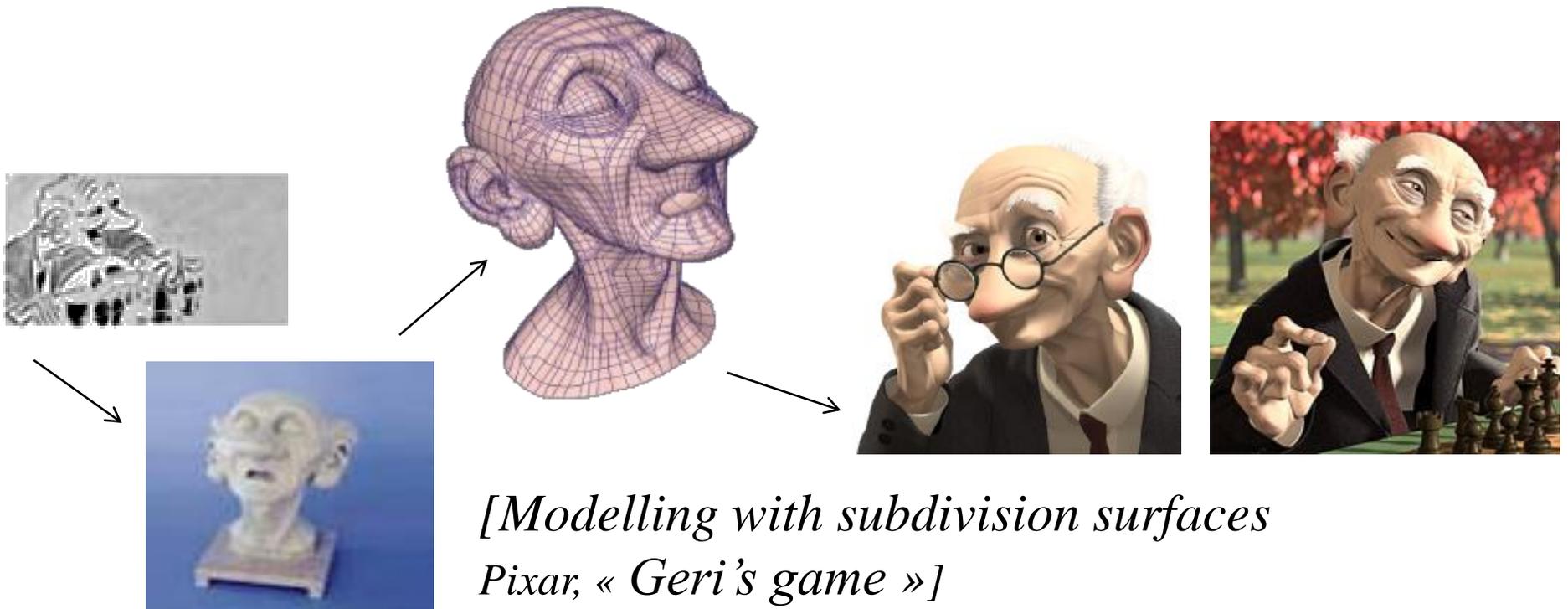
- Avancées sur le mélange des formes
- Vers une création intuitive
- Applications à l'animation



Création des mondes virtuels

Exemple: film d'animation 3D

- De l'esquisse à un modèle 3D animé



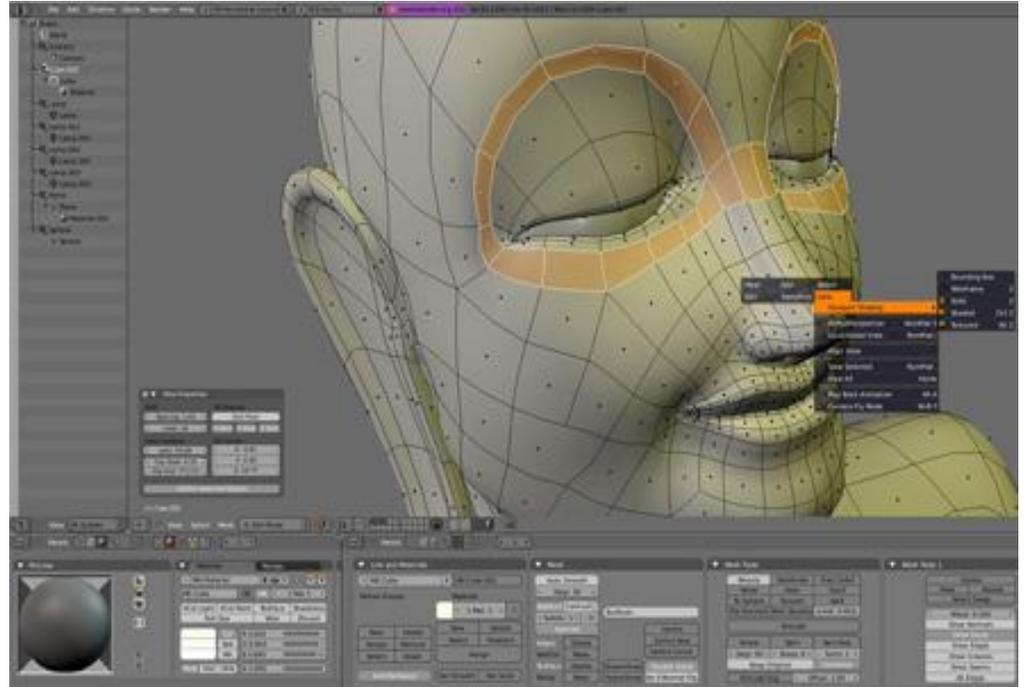
Création des mondes virtuels

Exemple: film d'animation 3D

Maya, 3DS, Blender

- Modèles de surface (splines, subdivision...)
- Outils de déformation
- Années d'entraînement!

Grand défi ?

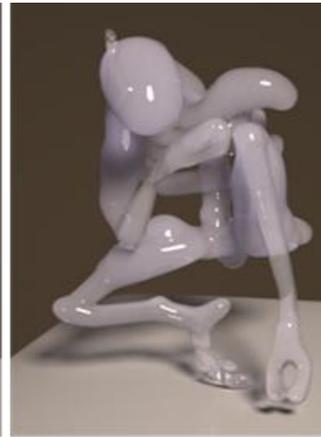
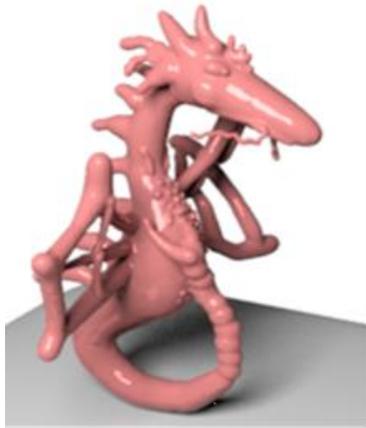


“Rendre les outils aussi invisibles aux artistes que les effets spéciaux ont été rendus invisibles au grand public!”

Rob Cook, directeur scientifique de Pixar, 2009

Partie 2: Zoom sur un outil

Les surfaces implicites

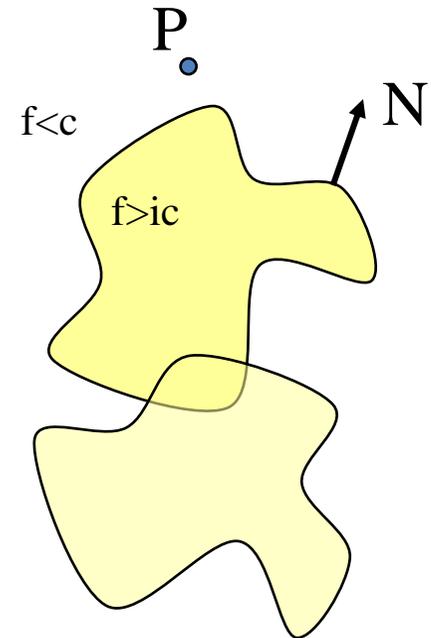


1. Revisiter les « surfaces implicites »
2. Vers une modélisation intuitive
3. Applications en animation

Surfaces implicites: rappel

Points solution d'une équation $S = \{P(x,y,z) / f(P) = c\}$

- Normale à la surface $N = - \nabla f$
- Modélisation volumique $f(P) > iso$
 - test d'appartenance d'un point
 - détections de collisions
 - union : $f = \max (f_1, f_2)$
 - « mélange » : $f = f_1 + f_2$
- Avantage: le nb de composantes connexes peut varier!

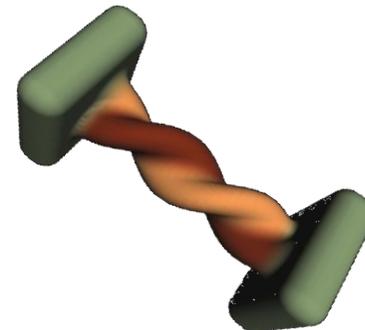
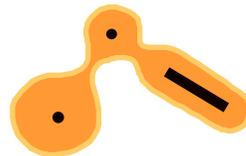
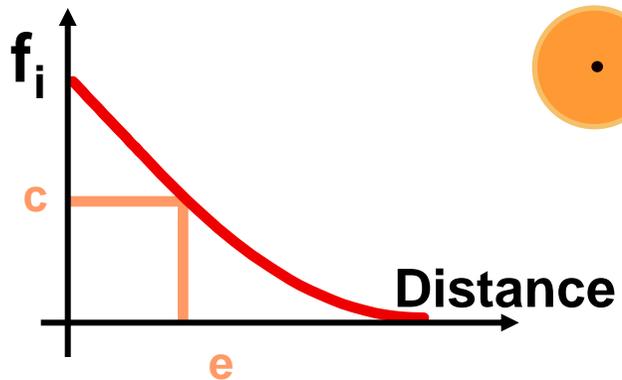
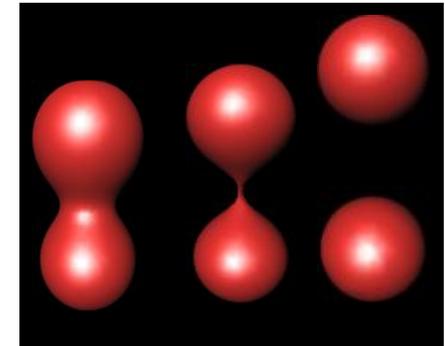


Surfaces implicites à squelettes

Potentiel créé par un “squelette” [Blinn 82, Nishimura 85, Wyvill 86]

f_i fonction décroissante de $distance(P, S_i)$

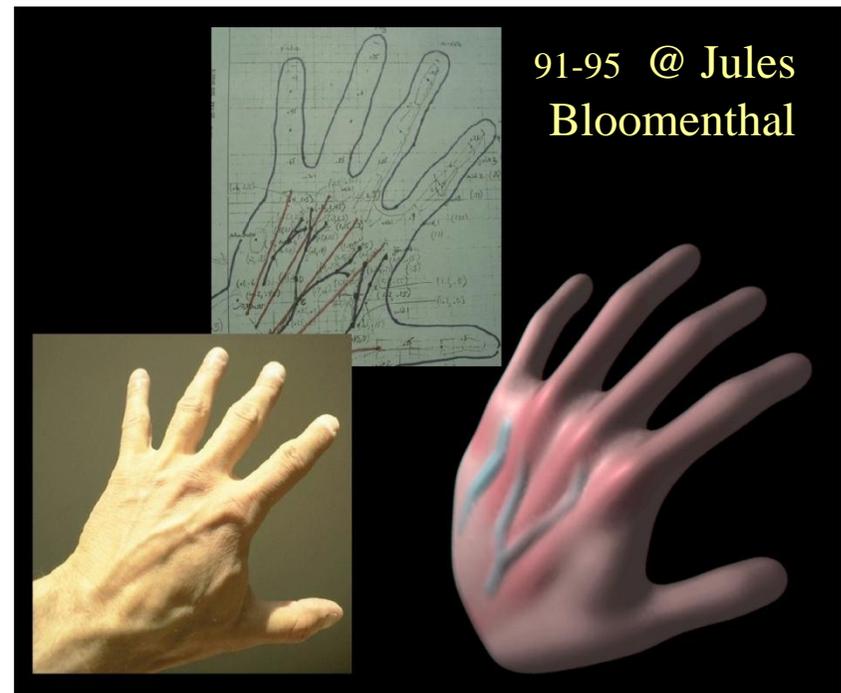
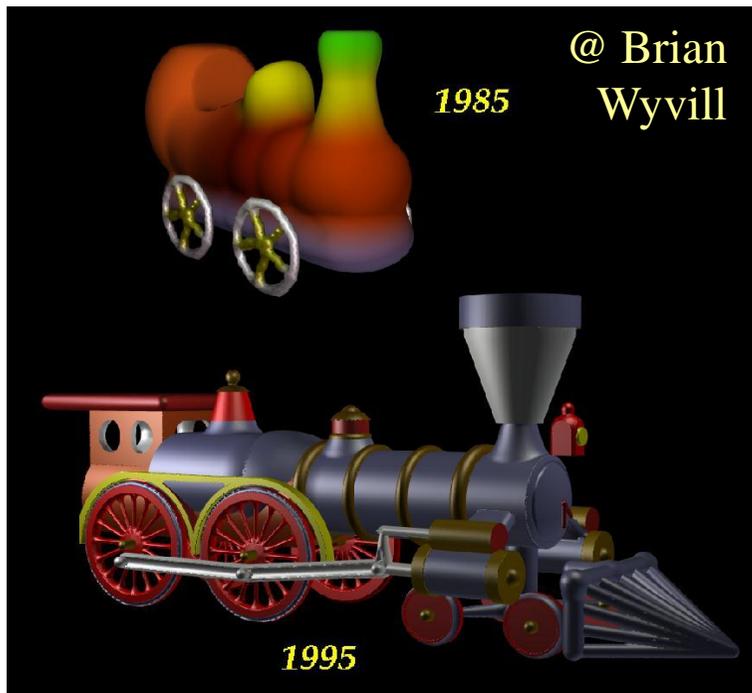
- Contrôle intuitif de la forme
- Localité si f_i à support compact



Surfaces implicites

Avantages en modélisation

- Construction progressive par ajout de squelettes

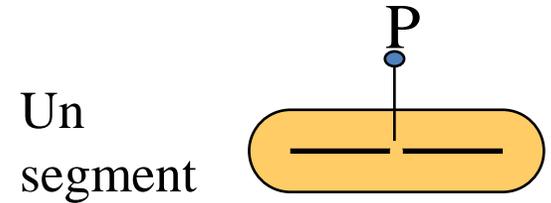


Addition et soustraction de potentiel Squelettes complexes: convolution

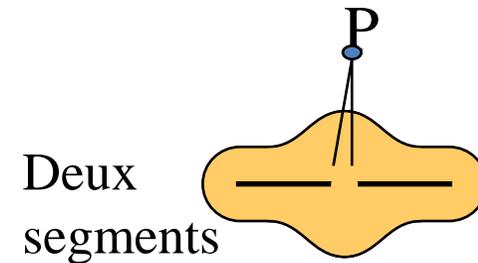
Squelettes complexes [Bloomethal Shoemake 91]

Surfaces “de Convolution”

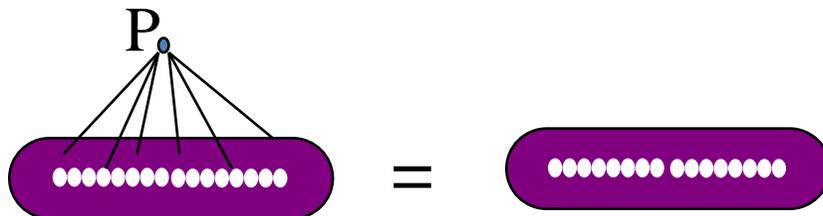
- Surfaces implicite “distance”
bosses au raccord des squelettes!



- Surfaces de convolution



$$F(P) = \int_{S_k} h_S(P) dS$$



Surfaces implicites

Avantages en animation

- Animer des substances très déformables [*Terminator II* 1991]

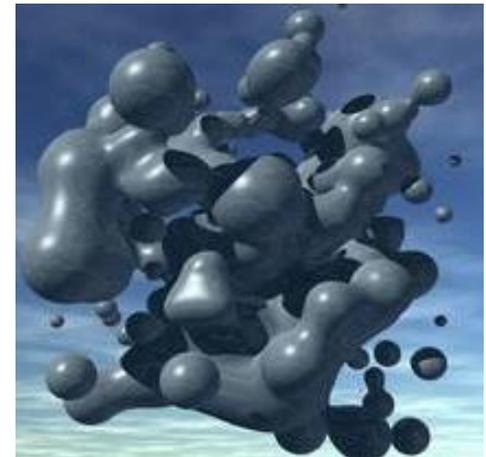
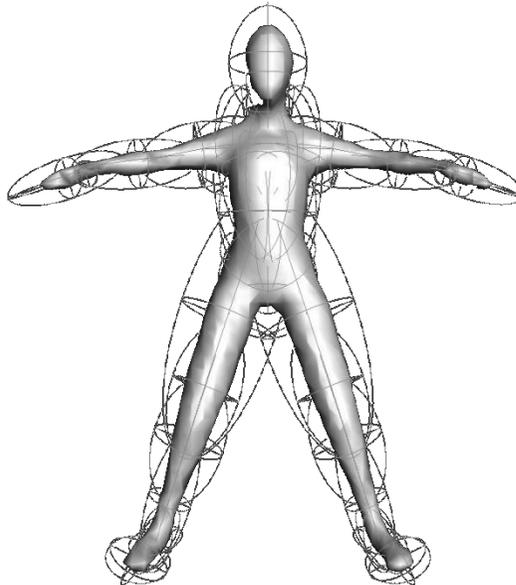
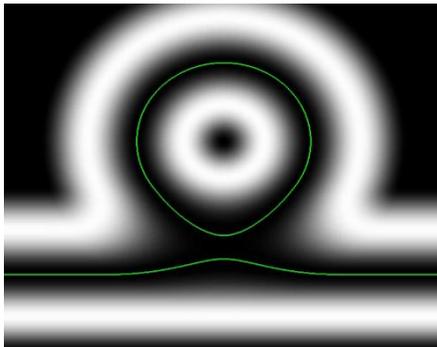
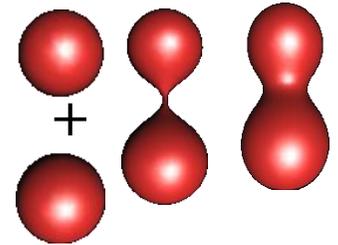


Surfaces implicites [1995 - 2010]

Blocage de ce domaine de recherche!

3 problèmes majeurs non résolus

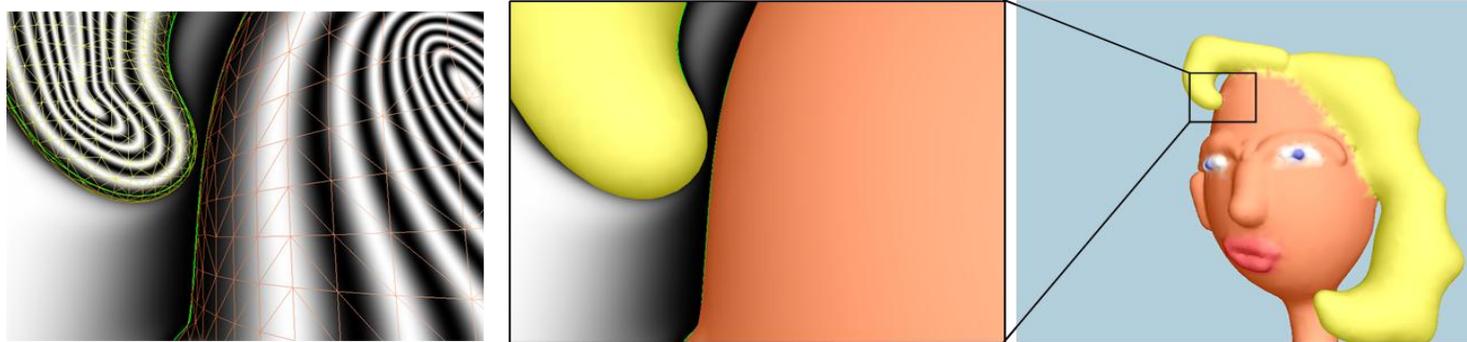
- Déformation et mélange à distance: peu de contrôle!
- Le mélange n'est pas local
- Les détails fins  s'estompent



Le mélange implicite revisité

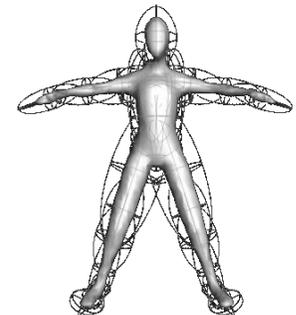
[Bernhardt, Barthe, Cani, Wyvill EG 2010]

Idée simple: mélanger seulement là où ça s'intersecte!



Avantages

- Mélange prédictible: plus de mélange à distance
- Le mélange devient local !
- On peut éviter que les détails disparaissent



Mélanger là où ça s'intersecte?

La méthode

- Calculer la courbe d'intersection entre deux surfaces
- Créer un « volume de mélange » autour de cette courbe
- A l'extérieur: union des formes (« max » amélioré des potentiels)
- A l'intérieur: progression douce vers un mélange $f = \lambda f_u + (1-\lambda) f_m$

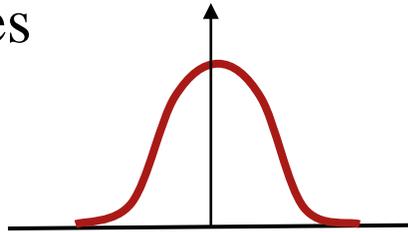


Mélanger là où ça s'intersecte ?

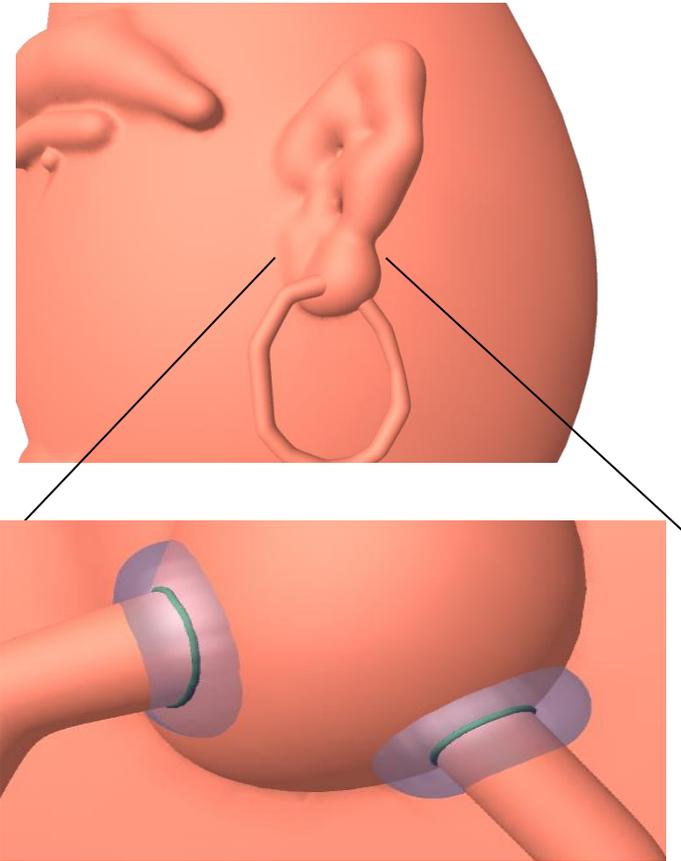
Volume de mélange

1. Extraire les courbes d'intersection
 - Définies par deux équations implicites!

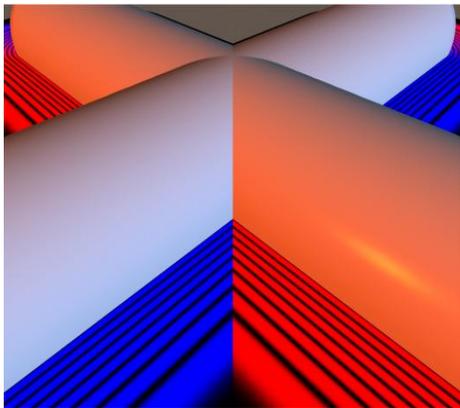
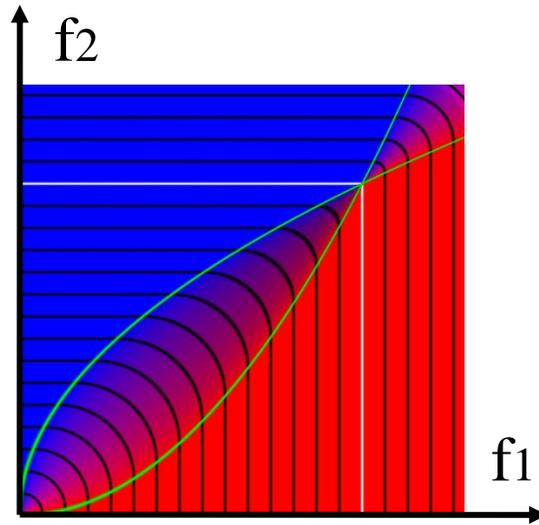
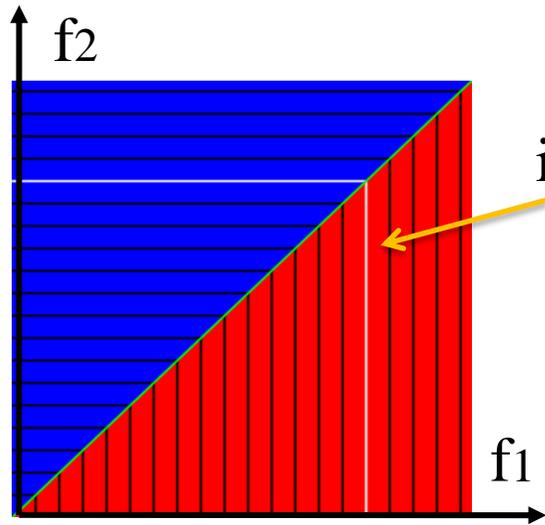
2. Construire des volumes



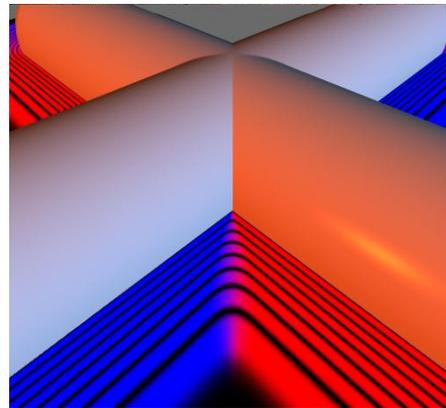
- Epaisseur fonction de la courbe d'intersection
- Rayon de courbure



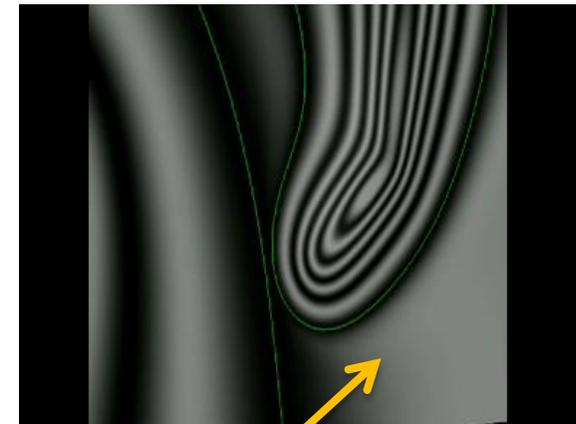
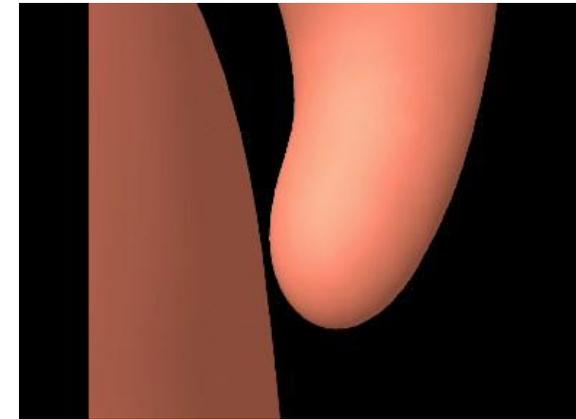
Mélanger là où ça s'intersecte ? « Union améliorée » hors du volume



Union $\text{Max}(f_1, f_2)$



Union améliorée



Max « lisse » des potentiels

Mélanger là où ça s'intersecte ?

Transition douce Union - Mélange

Idée: se servir du potentiel du volume $\lambda \in [0,1]$

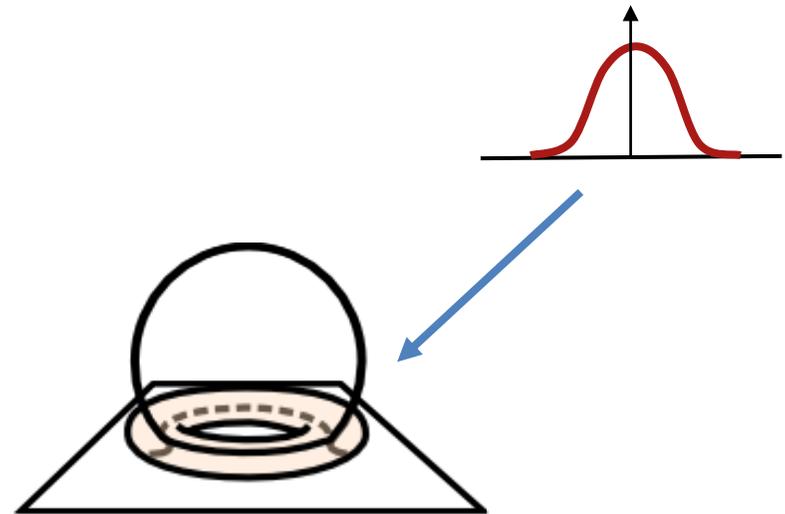
$$f = \lambda f_u + (1-\lambda) f_m$$

f_u = union lisse (f_1, f_2)

f_m = mélange local (f_1, f_2)

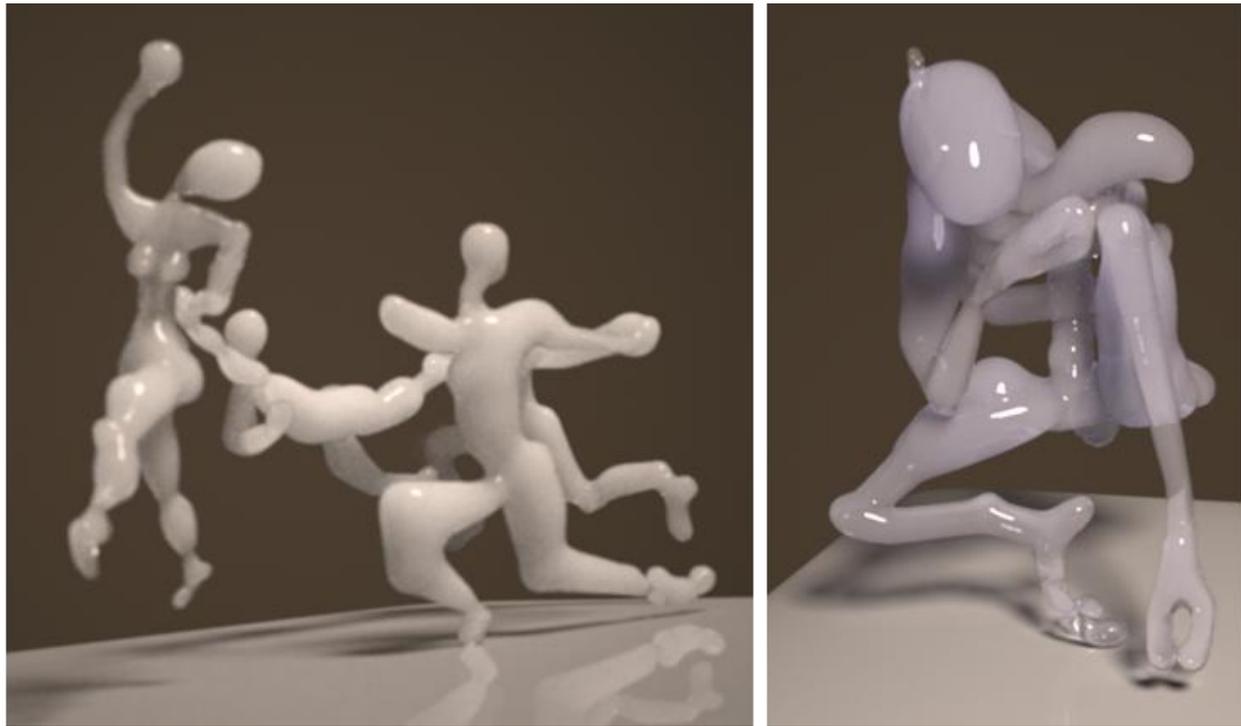
Pour plus de contrôle:

λ = potentiel du volume de mélange à une certaine puissance



Surfaces implicites revisitées

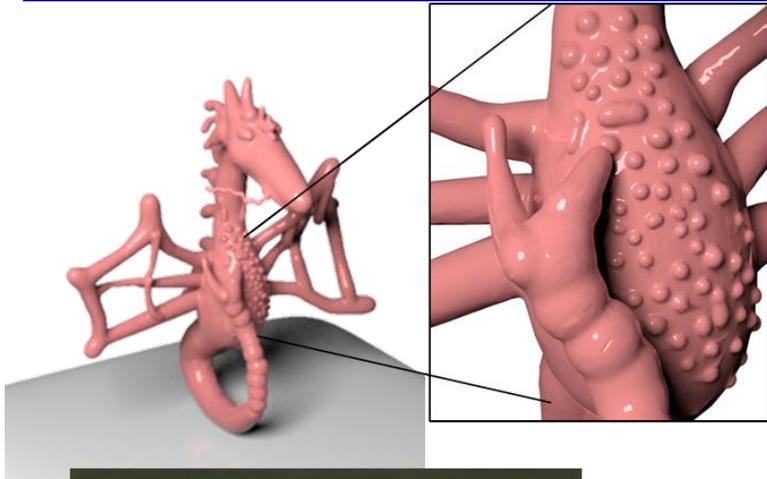
Résultats



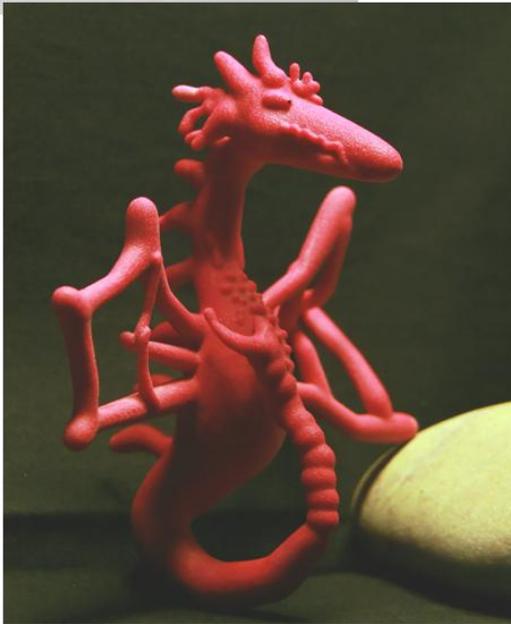
Aucun mélange à distance!

Surfaces implicites revisitées

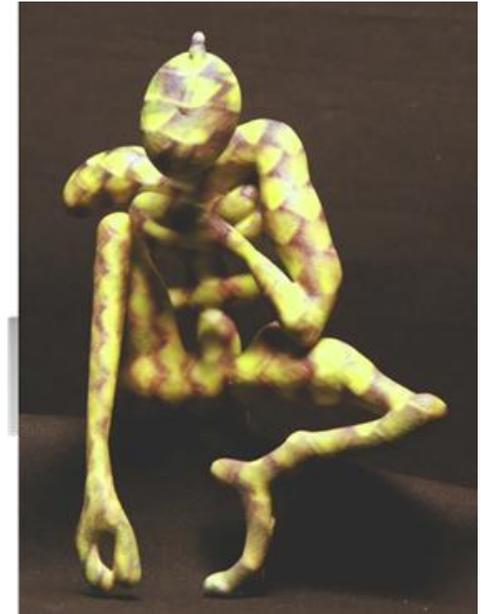
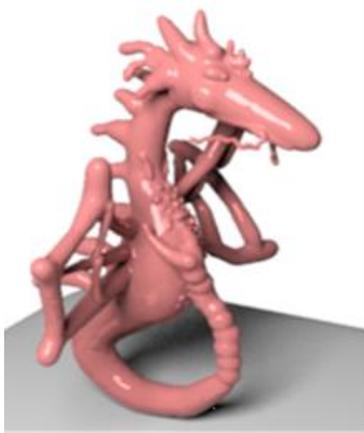
Résultats



Détails fins préservés!!



Comment créer ces formes?



1. Revisiter les surfaces implicites
2. **Vers une modélisation intuitive ?**
3. Applications en animation

Création des formes? Ajout progressif de morceaux!

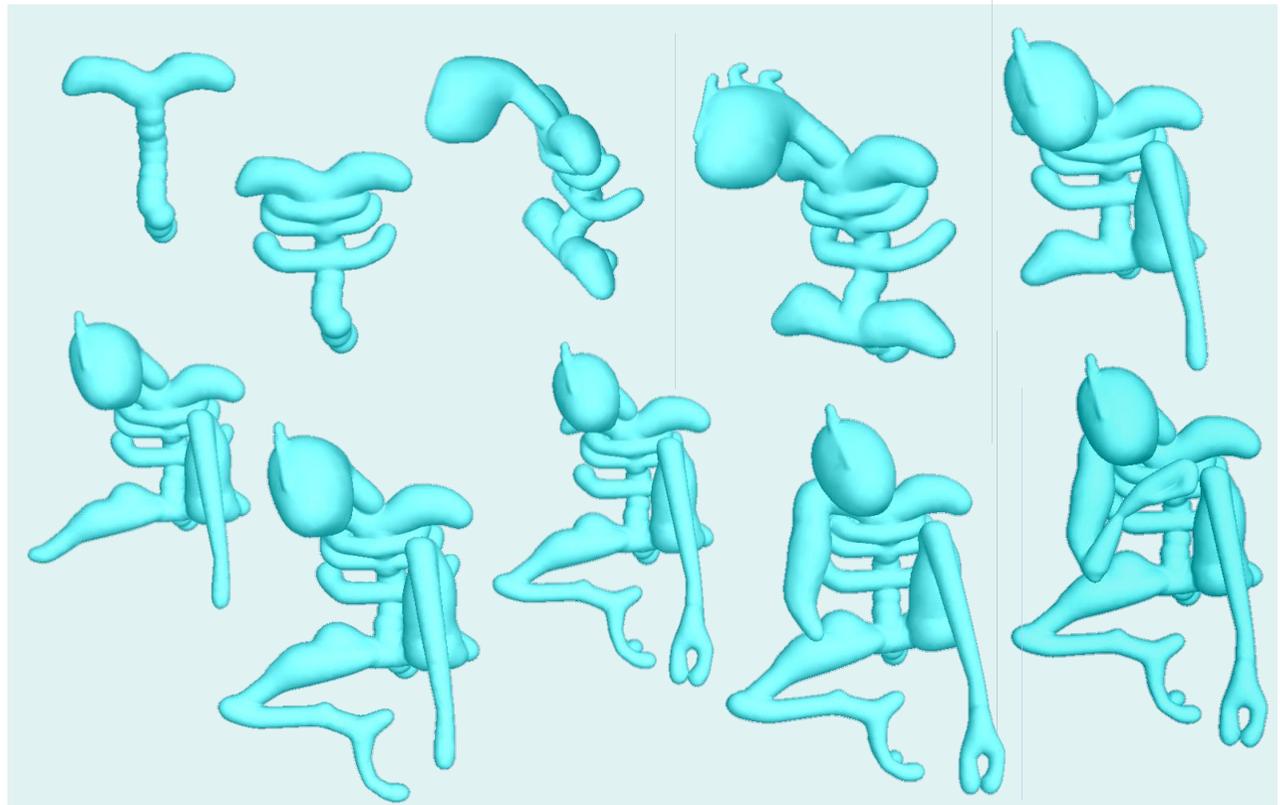
- Créer une surface implicite
- Mélanger là où ça s'intersecte

... mais ...

Comment créer
rapidement les
composants?

24 composants

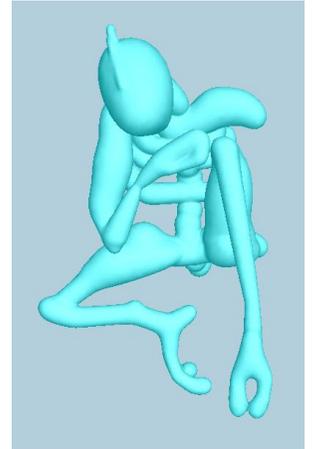
Le tout créé en 30mn



Comment créer ces morceaux?

Méthode standard : menus & outils pour

- Créer un squelette
- Le déformer
- Le placer
- Fixer l'épaisseur autour...



Nous voulons :

- Rendre la représentation *invisible* à l'utilisateur
- S'inspirer du monde réel pour être plus intuitifs
créer par geste : sculpter, dessiner...

Modélisation intuitive

But : créer *par des gestes naturels*

Humains

- (In/out) pour son, mouvements, etc
- Pas de « out » pour une forme!
 - via un matériau: argile, papier
 - avec des outils ...

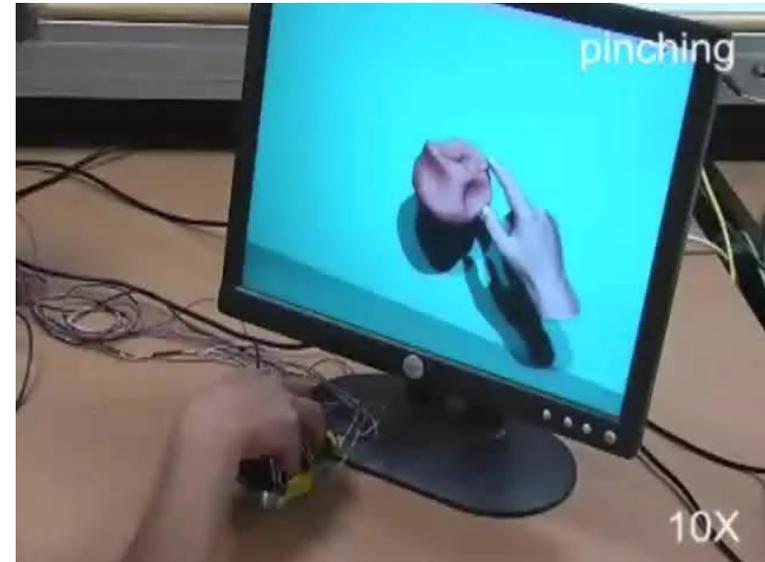


Création « intuitive » sur ordinateur?

S'inspirer du monde réel!

Création par geste ?

Sculpter une argile virtuelle?



Systeme « Matisse »

- Dessiner en 2D pour créer en 3D

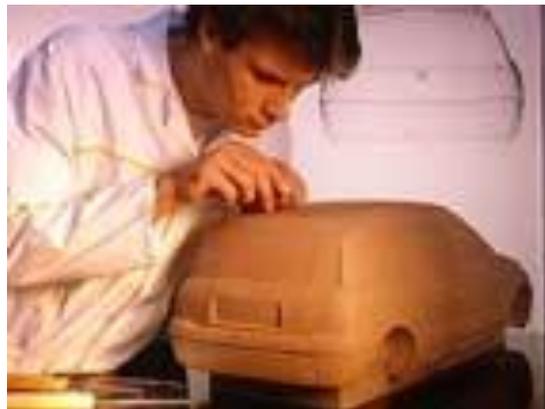
Métaphore de la « Sculpture Virtuelle »

- Motivation: argile réelle
 - Ajouter ou enlever de la matière (trous, jonctions)
 - Déformer localement, lisser
 - Interagir directement avec une surface

*Argile par
surface implicite?*

*Avantages d'une
argile virtuelle!*

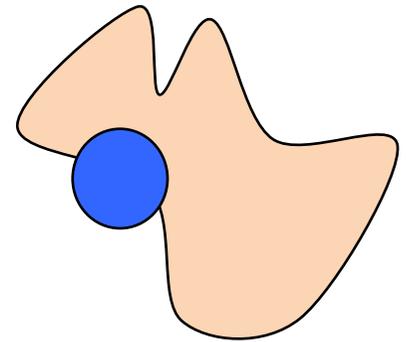
- undo/redo
- cut/paste
- etc



Sculpture virtuelle

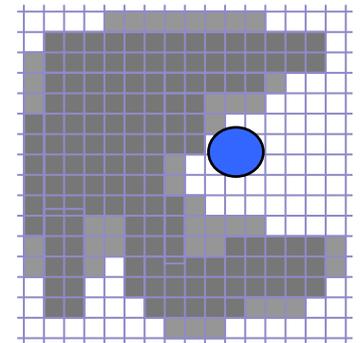
Quelle représentation ?

- Pouvoir trouser, raccorder : surface implicite
- Rester interactif même si l'on sculpte longtemps
 - Champ potentiel discrétisé!



Quel champ potentiel ?

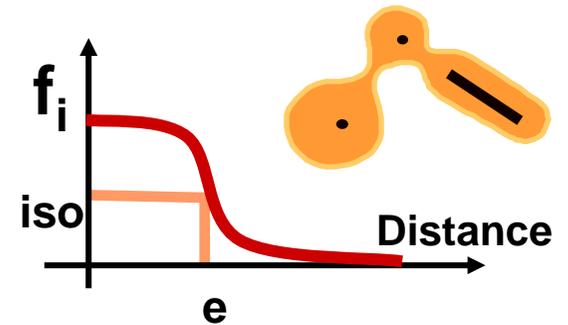
- Champ représentant la densité de matière
 - Intuitive, non nulle seulement près de la surface
 - Les modifications resteront locales



Outils de sculpture

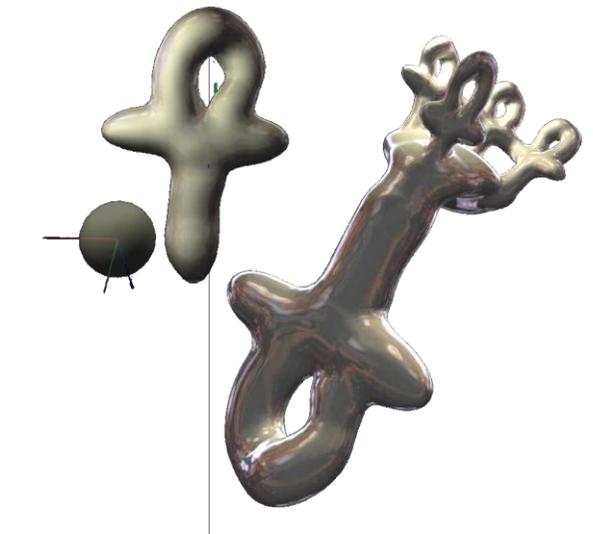
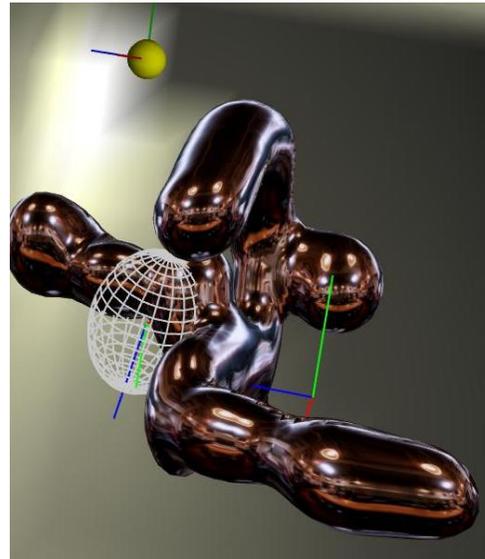
Analytiques ou discrets, définis par

1. Une contribution = fonction potentiel
2. Une action = comment la combiner



Actions possibles

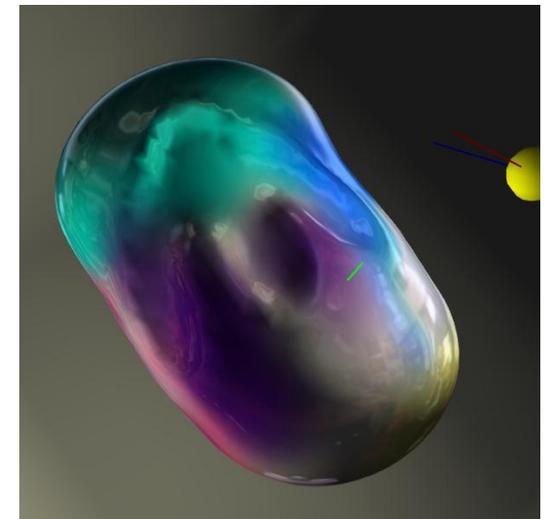
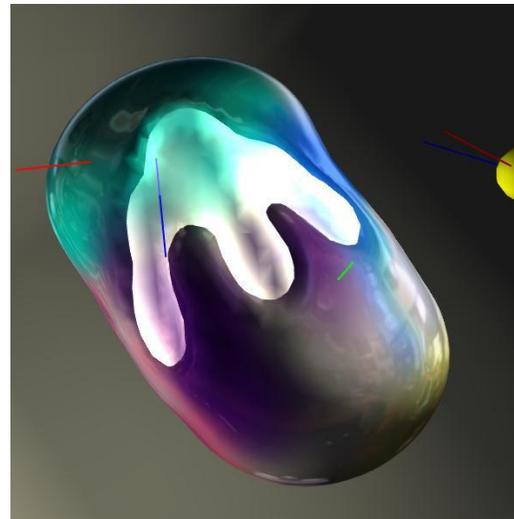
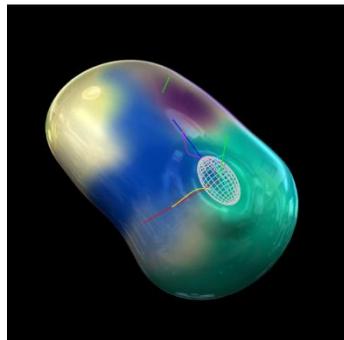
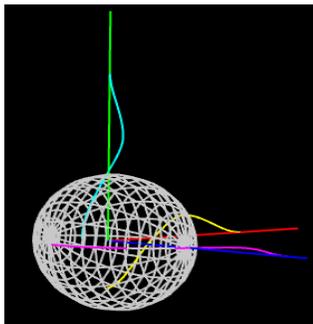
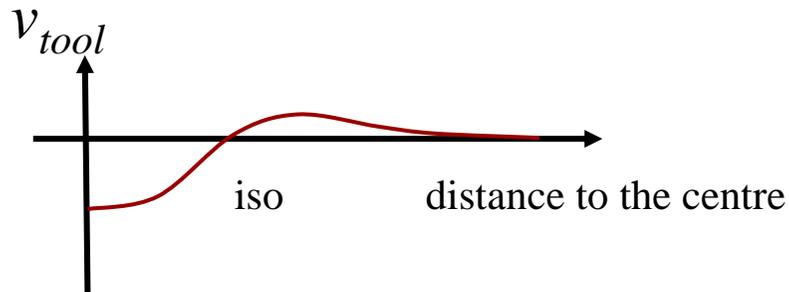
- Ajouter (+)
- Enlever (-)
- Peindre
- Lisser (filtrage)



Mais l'argile réelle se déforme!

“Pousser” la matière avec un outil rigide ?

- Déformation géométrique imitant la physique (bouurrelet)



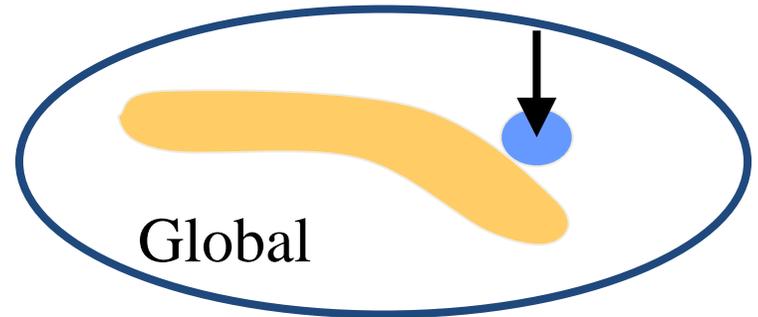
Déformations globales ?



Add/remove



Local (print, fold)



Global

- Il faudrait un “modèle physique”!
- Peut être fait de manière limitée par copier-coller

Modèle physique? Argile virtuelle

But: temps réel

Fluide visqueux
par particules

Servent de
squelette à une
surface implicite

Particle-based
Viscoelastic Fluid Simulation

Simon Clavet
Philippe Beaudoin
Pierre Poulin

SCA 2005

Modèle physique? Argile virtuelle

Modèle à couches, inspiration physique

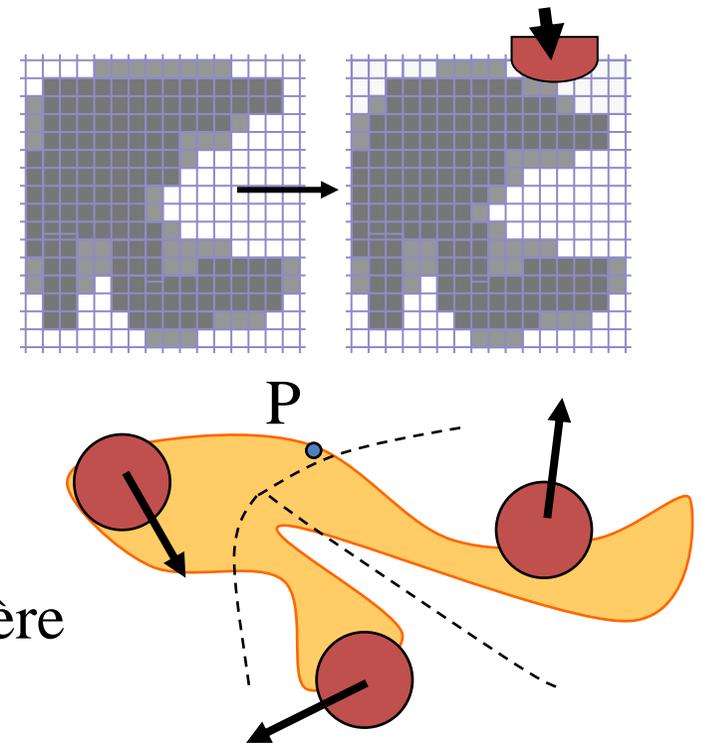
3 mécanismes agissent sur une grille stockant le potentiel

1. Plasticité à grande échelle

- Comportement plastique temps-réel
- Pas besoin de dynamique

→ *Diffuser le mouvement des outils*

Plus court chemin à l'intérieur de la matière



Modèle physique? Argile virtuelle

Modèle à couches, inspiration physique

3 mécanismes agissent sur une grille stockant le potentiel

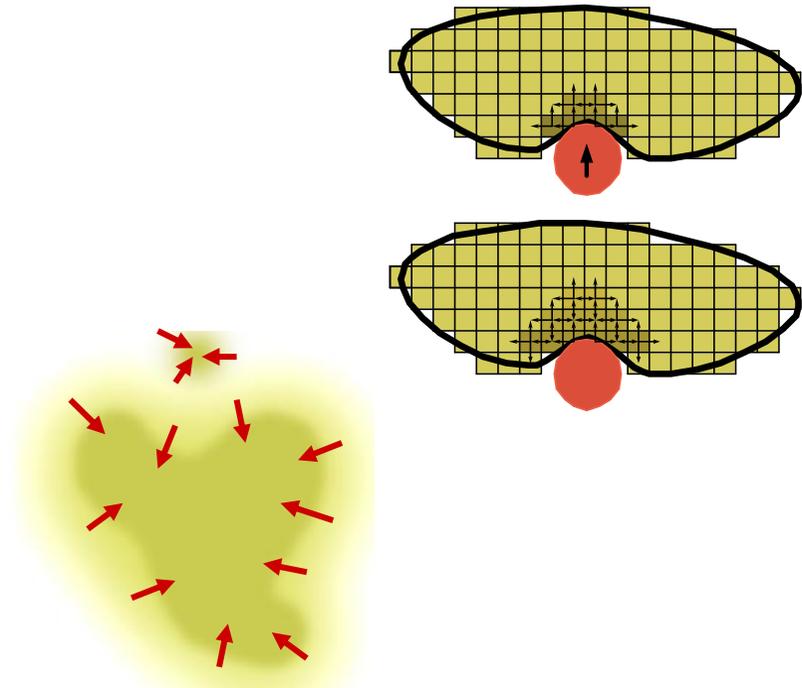
2. Conservation du volume

- Automate de diffusion

Crée des déformations locales

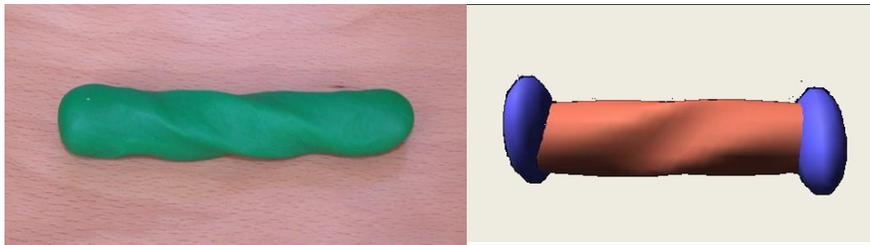
3. Cohésion de la matière

- Imite la tension de surface

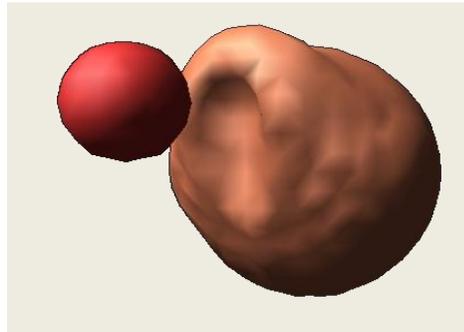


Sculpter des surfaces implicites

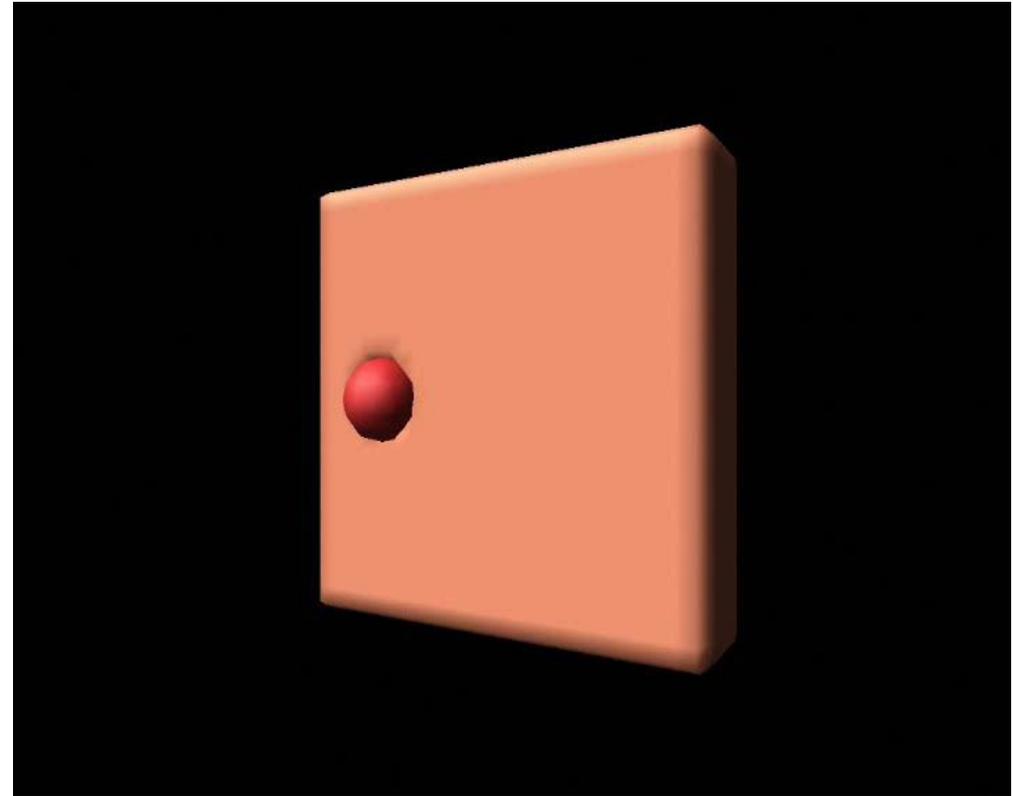
Argile virtuelle



Real clay



Virtual clay

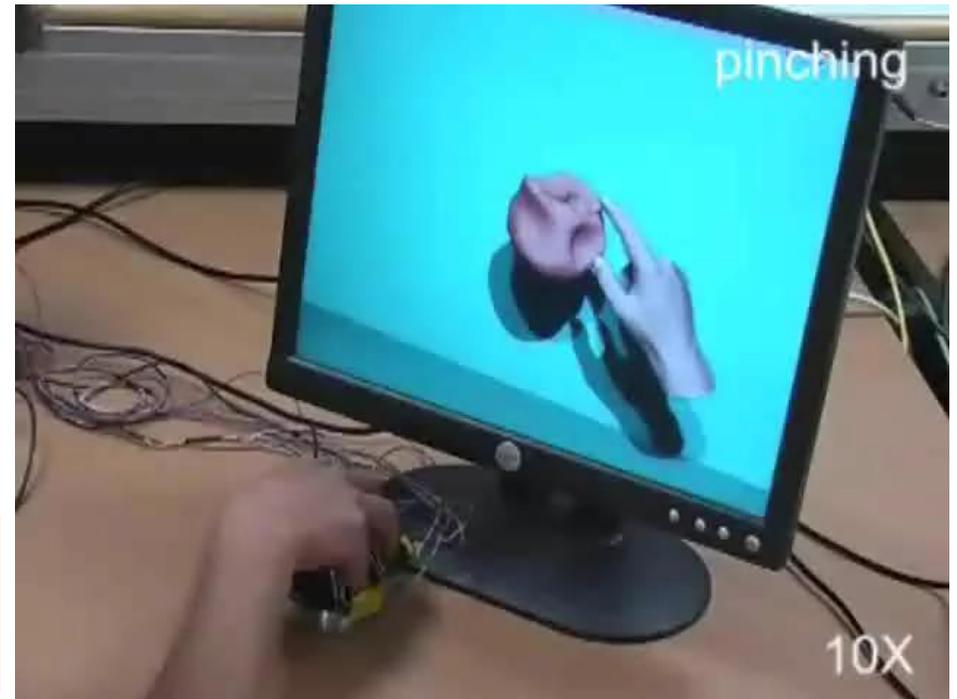
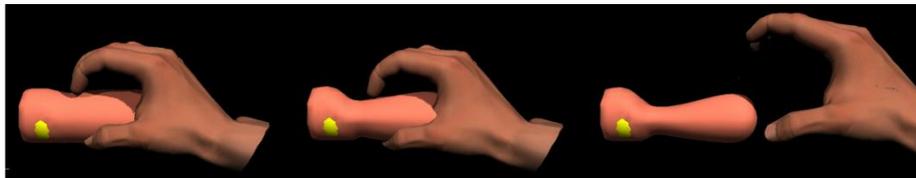
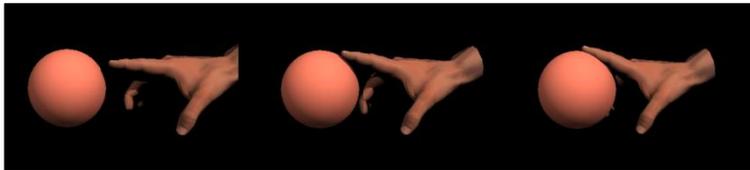
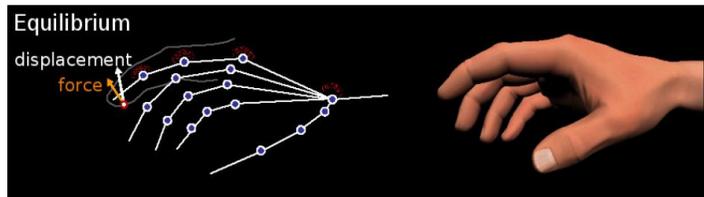


[Dewaele Cani 04]

Sculpter des surfaces implicites

Argile virtuelle

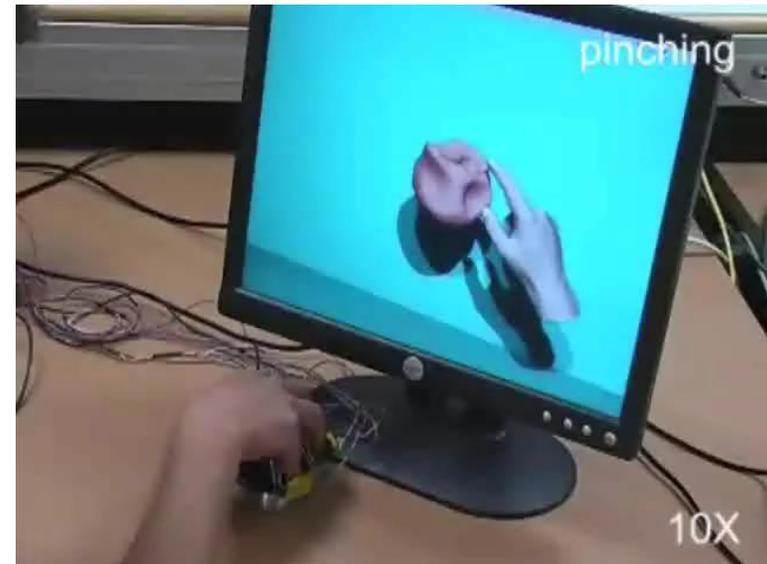
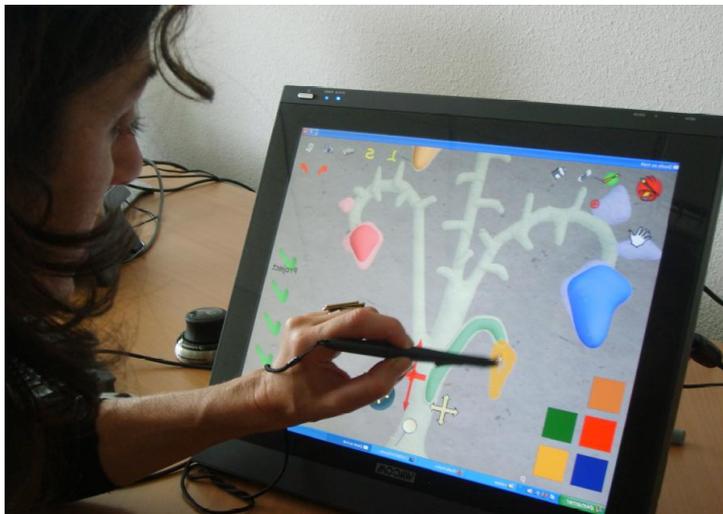
“Hand-navigator” pour manipuler l’argile [VRST 2009]



Création par geste ?

Sculpter des surfaces implicites?

- Faisable mais contrôle difficile!



Systeme « Matisse » [SBIM 2008]

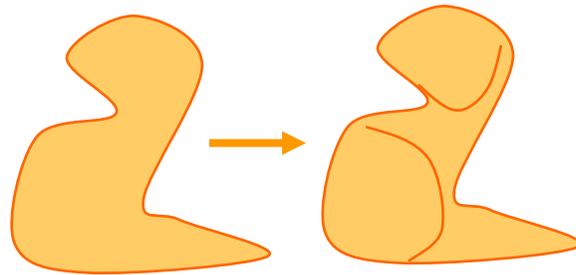
- Dessiner en 2D pour créer en 3D
- Utilisable par le grand public!

Création des formes

Idées à la base de « Matisse »

Interprétation d'un dessin?

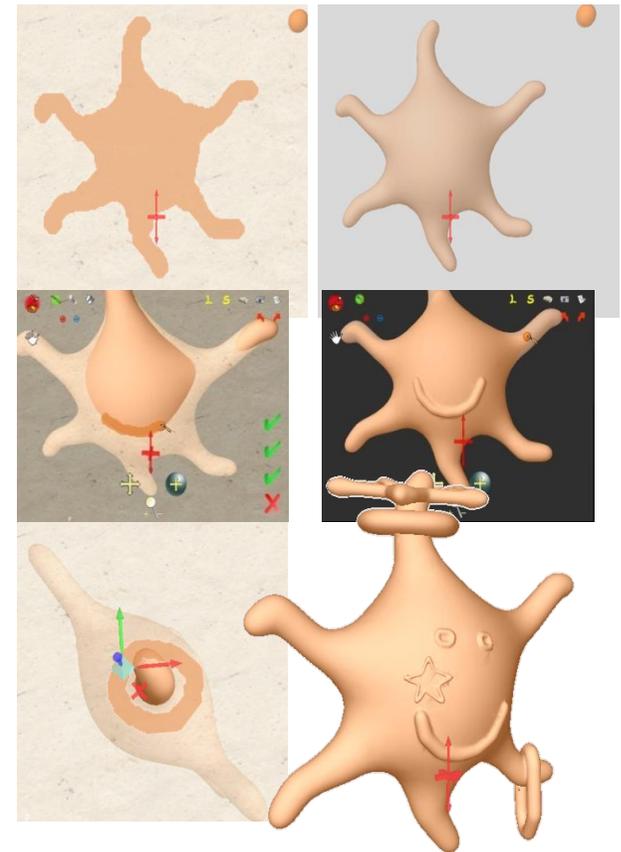
Nous « voyons » la forme la plus simple!



Idée

- « Enfler » les régions en 3D
- Ajouter des détails peu à peu

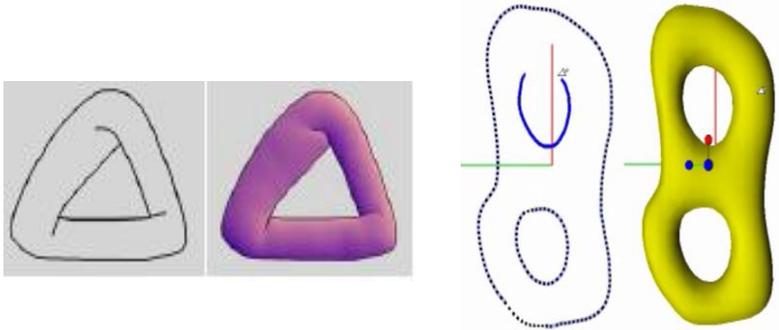
De différents point de vue & résolutions



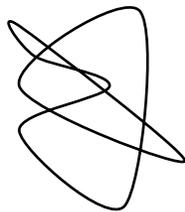
Création des formes

Pourquoi peindre plutôt que dessiner?

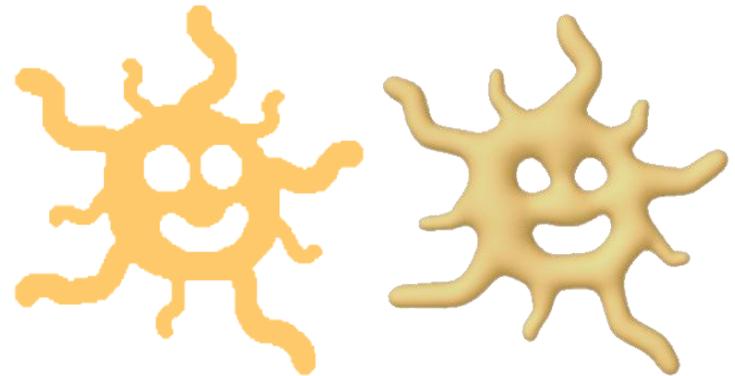
Dessin du contour



- Basé sur les contours
- Validité à vérifier!



Matisse: peindre des régions



Tout genre topologique!

Création des formes

« Enfler » une région en une surface?

1. Calculer son « squelette »

centres des cercles inclus maximaux

2. Engendrer une surface implicite autour

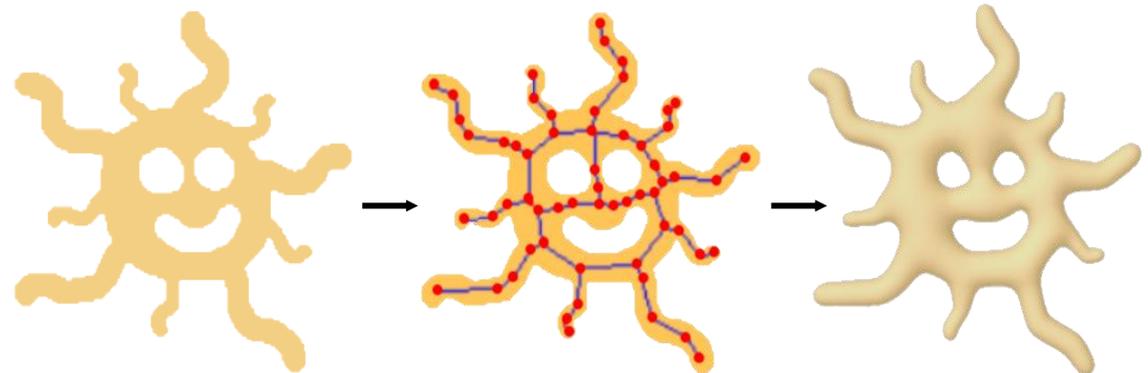
Surface de convolution

Epaisseur à fixer en fonction de la région 2D



$$F(P) = \int_{S_t} h_S(P) dS$$

$$h_S(P) = \frac{1}{(1 + s^2 d^2(P, S))^2}$$



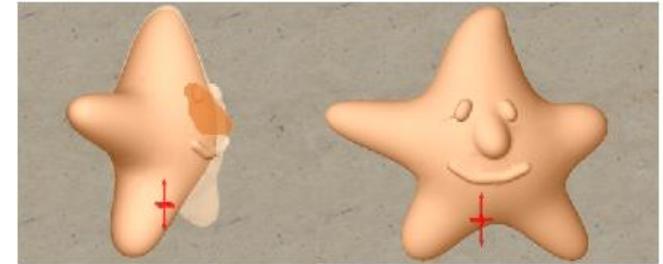
Création des formes

Matisse: Peindre en 2D pour modeler en 3D

Ajout de morceaux?

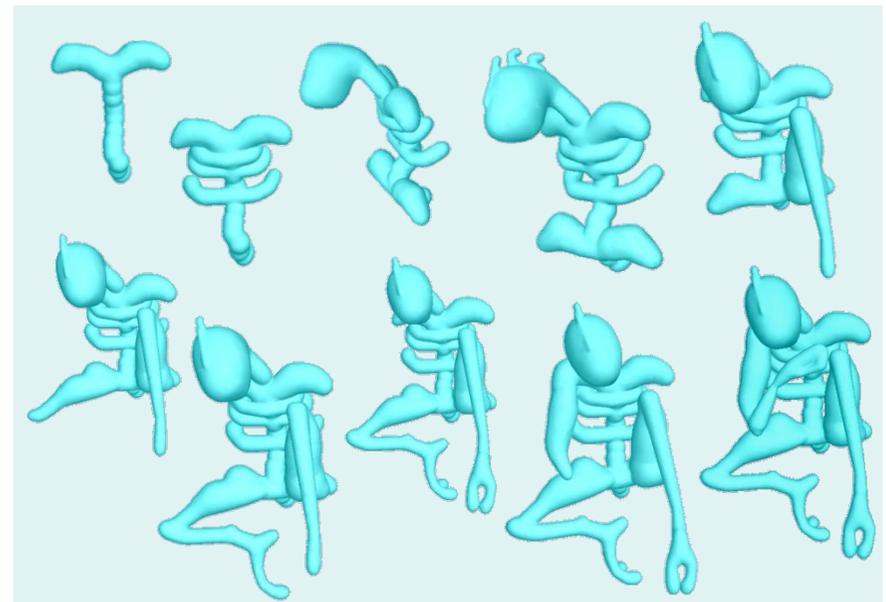
1. Sur formes existantes:

Donne la profondeur!



2. Mélanger là où ça s'intersecte

Taille des détails = taille pinceau



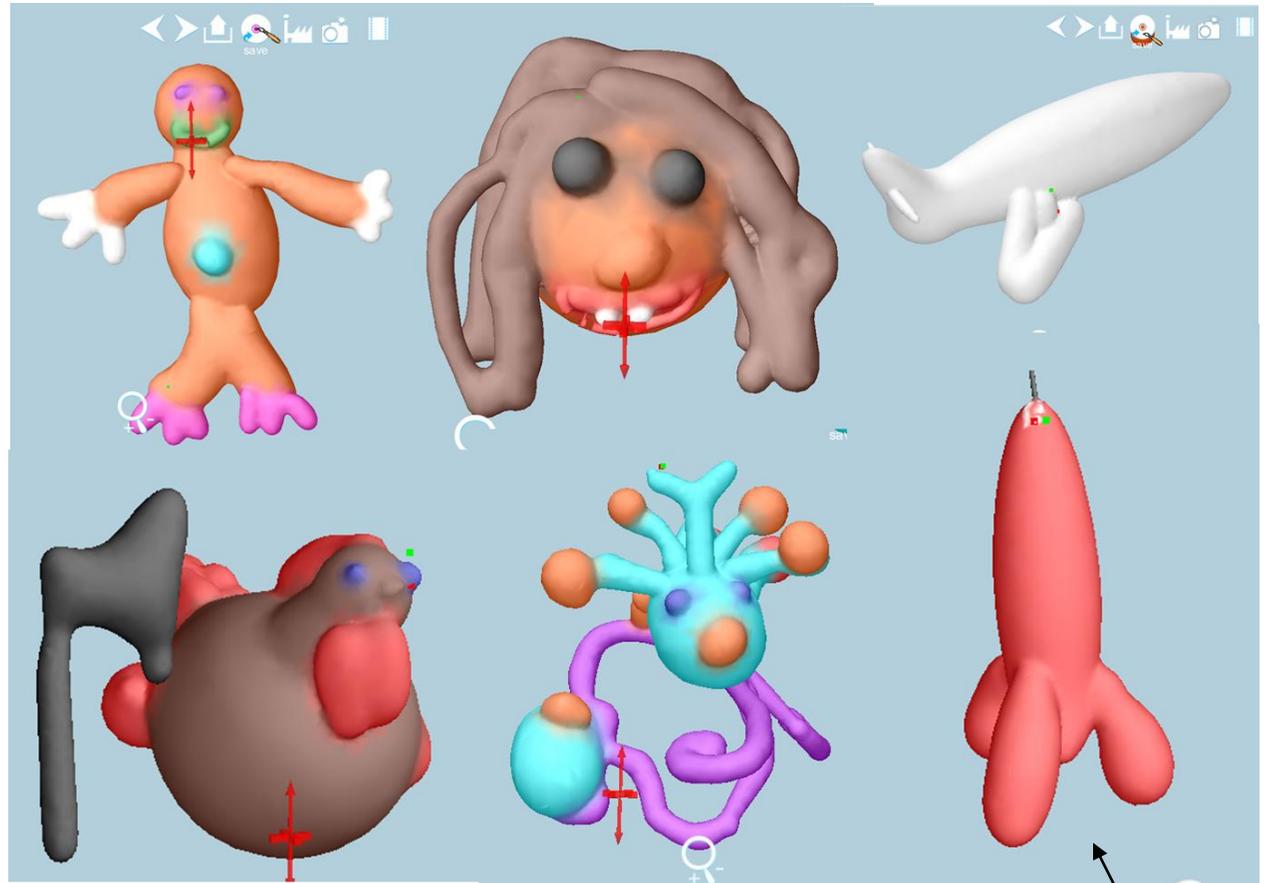
Création des formes

Matisse: Peindre en 2D pour modeler en 3D

Village sciences 2009

Classes 6ieme

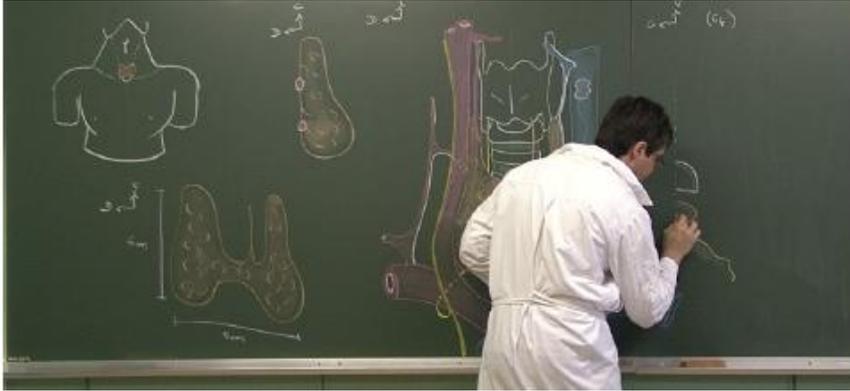
15mn par élève



Fusée de Tintin!

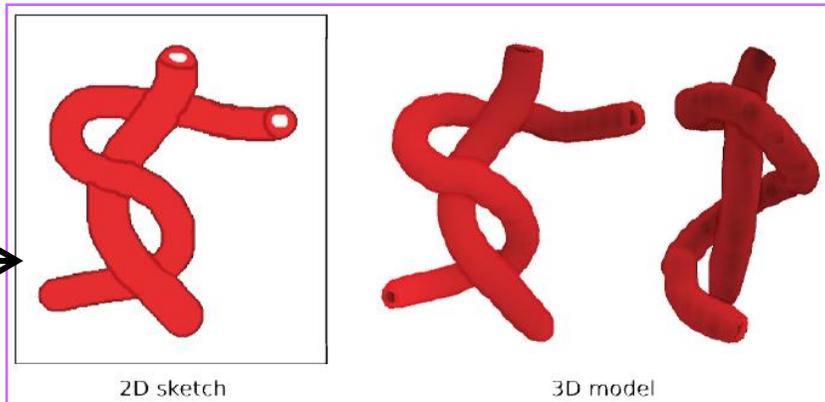
Extension [Pihuit, Cani, Palombi, SBIM 2010]

Tableau magique pour enseigner l'anatomie

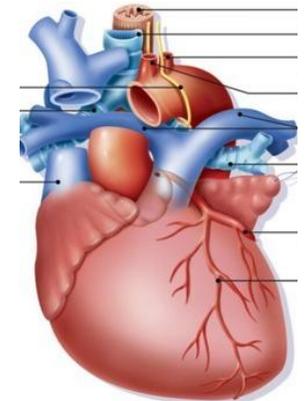


Convention du dessin anatomique

Parties
cachées



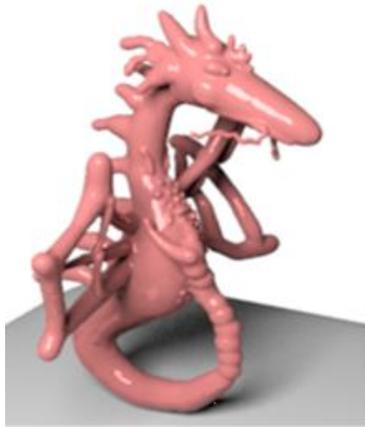
Silhouettes
non plates



Volume minimal!

Dans cet exposé: un outils mathématique

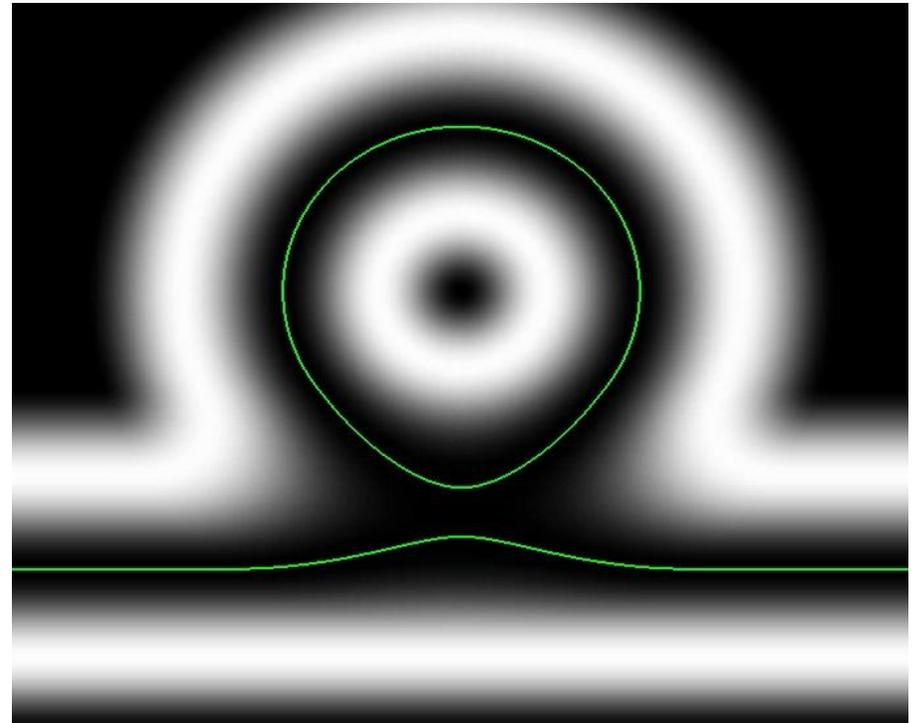
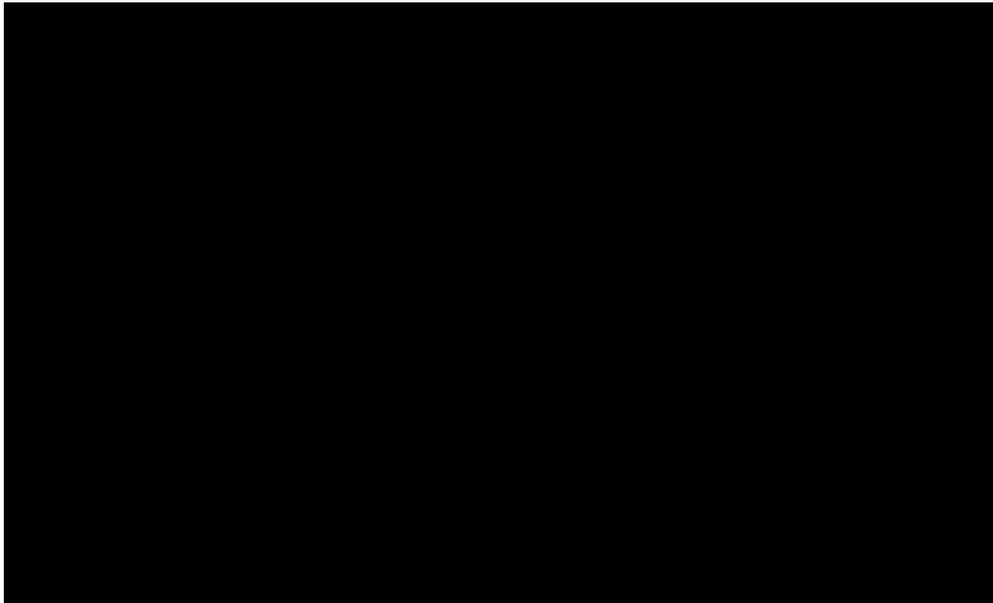
Les surfaces implicites



1. Revisiter les surfaces implicites
2. Vers une modélisation intuitive
- 3. Applications en animation**

Surfaces implicites Avec mélange à distance

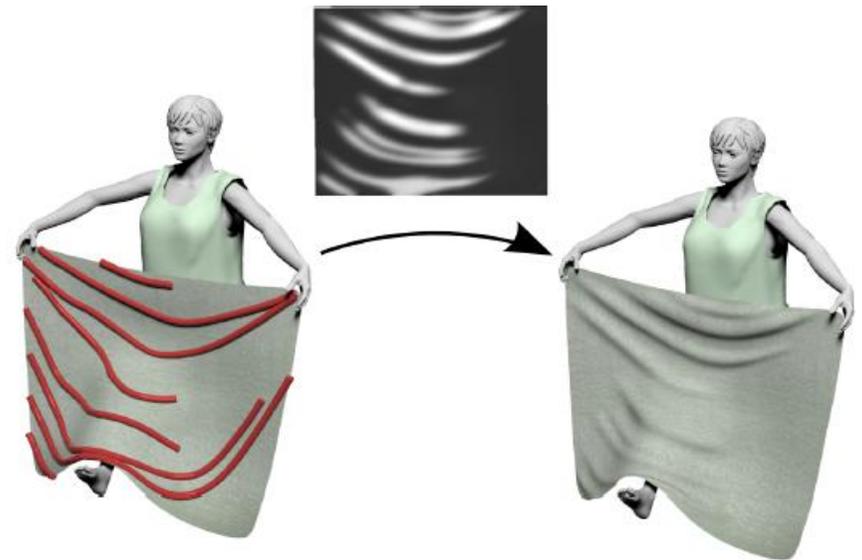
Etait-ce utile dans certains cas ???



Surfaces implicites Avec mélange à distance

OUI! Animer des plis de vêtements

- Simulation physique temps-réel
 - Zones compressées: squelettes de plis
 - Les plis proches fusionnent
- Pas de collision à détecter!



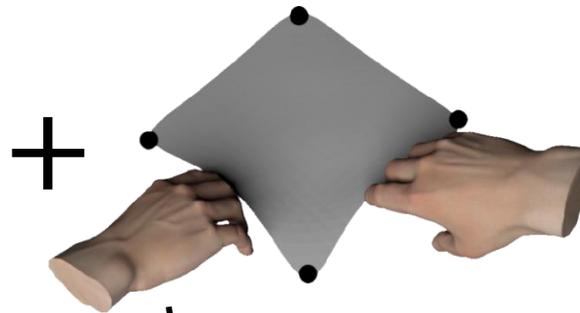
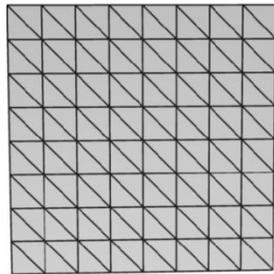
[Rohmer, Popa, Cani, Hahmann, Sheffer, SIGGRAPH Asia 2010]

Animation de vêtements

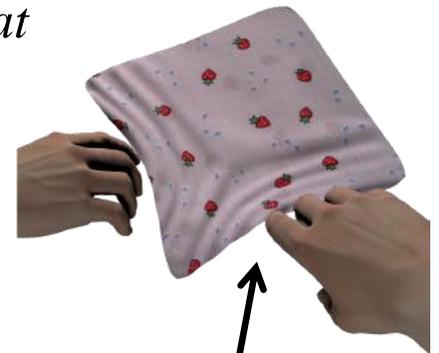
Plis: géométrie active

- But: simuler du tissu qui plisse au lieu de se compresser

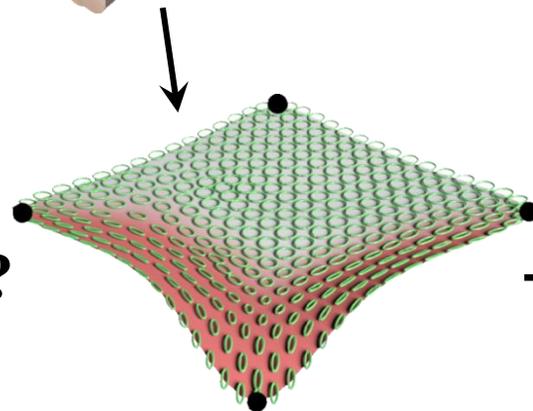
Entrée
Masses-ressorts



Résultat



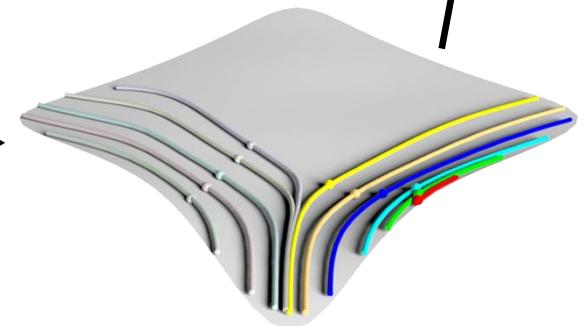
Champ de compression continu?



Tenseur d'étirement

Valeur propre = Amplitude de compression

Vecteur propre = Direction de compression



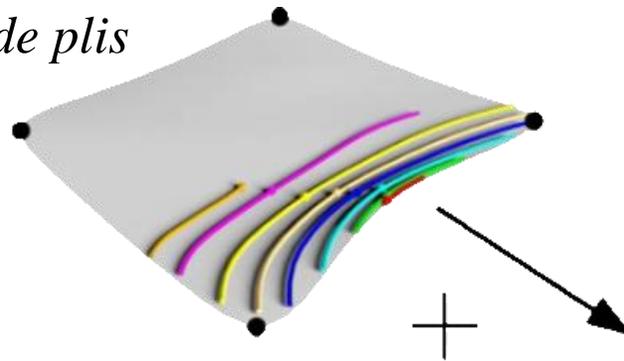
Squelettes des plis

Animation de vêtements

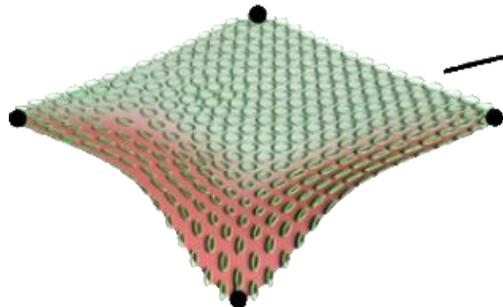
Plis: géométrie active

- Animation des plis: cohérence temporelle ?

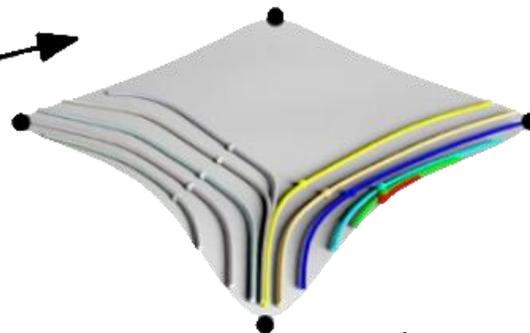
Squelettes de plis précédents



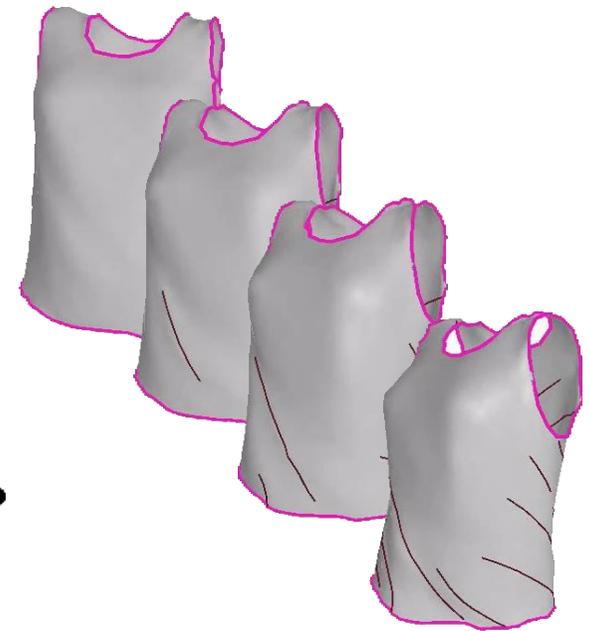
+



Compression actuelle



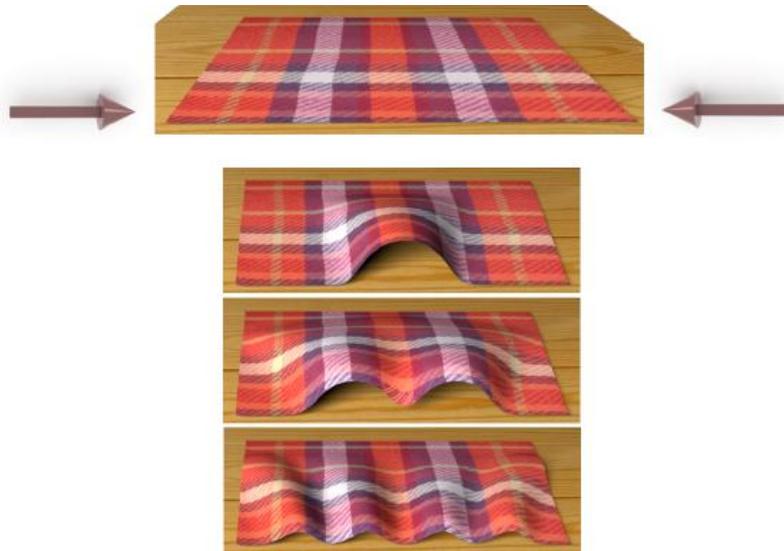
Nouveaux squelettes de plis



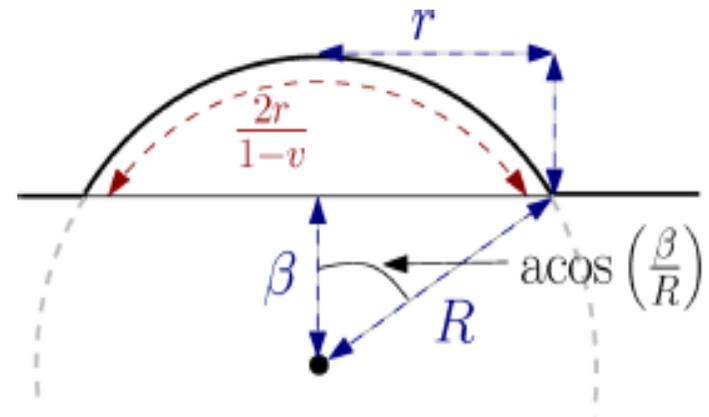
Animation de vêtements

Plis: géométrie active

- Géométrie des plis : l'utilisateur donne l'épaisseur du textile



Loi empirique
Rayon = f (compression)



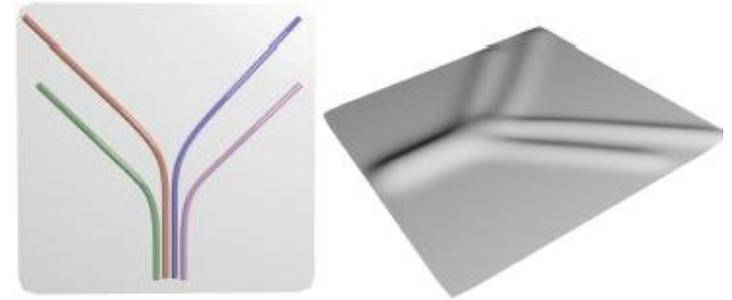
Portion de cylindre
Compense la compression

Animation de vêtements

Plis: géométrie active

- Géométrie des plis
 - Déformer localement le maillage

Déformeurs implicites:
Surfaces de Convolution



- Pas de bosse aux raccords
- Fusions et séparations

Pas de collision à détecter!

Animation de vêtements

Résultats



Input simulation



With our wrinkles

Intérêt des surfaces implicites Avec mélange à distance!



Input Simulation



Our results

Surfaces implicite revisitées

Applications à l'animation

Animation de fluides

- Fusion après collision seulement!
- Volume de mélange proportionnel à la taille de l'intersection



Standard



Notre nouveau
mélange

Collaboration industrielle

Chevelures de type Manga!



But: mèches volumiques, fusion et séparation

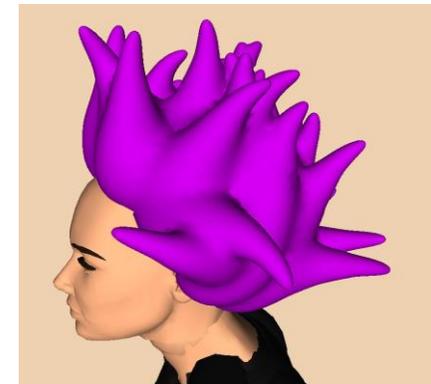
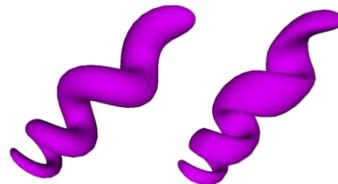
Idée: surfaces implicites $f(P) = c$

- géométrie malléable, changements de topologie

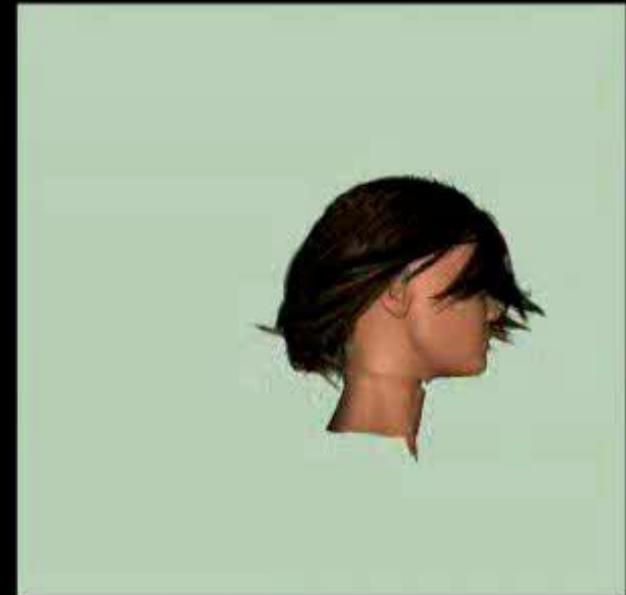
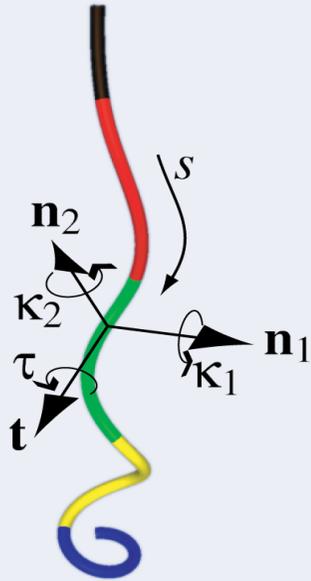
Les cheveux animés servent de squelettes

- choix des « surfaces de convolution »

$$F(P) = \int f(P) = c$$



Dynamique des cheveux: Super-hélices



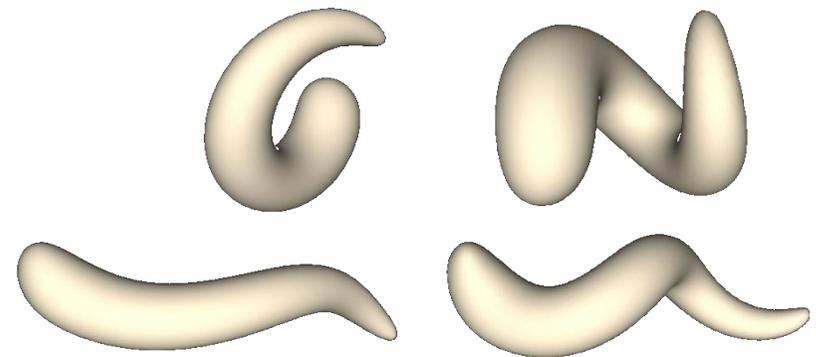
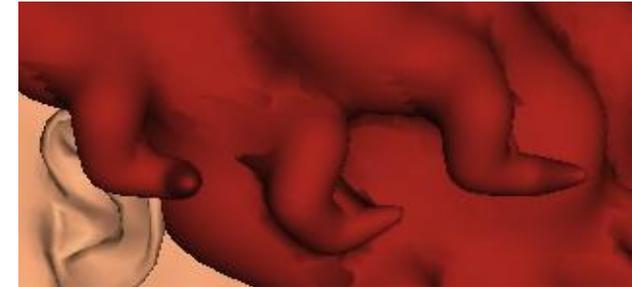
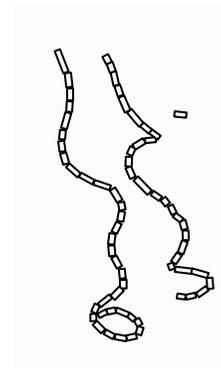
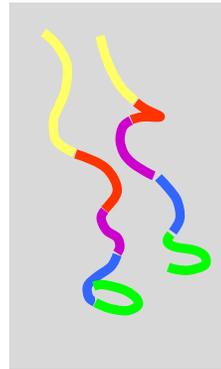
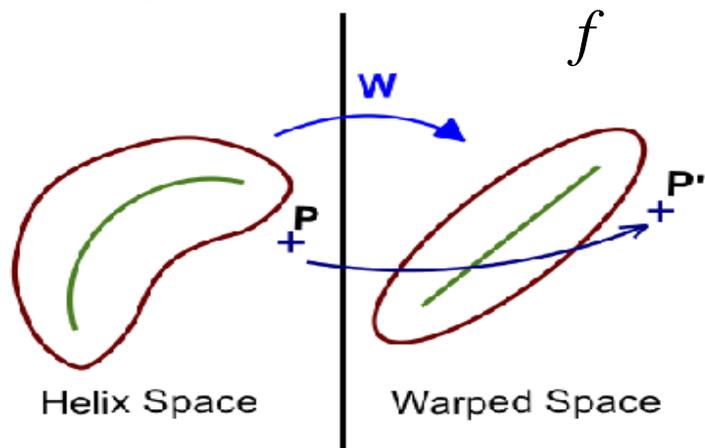
Convolution autour d'une Super-hélice?

Décomposition en segments?

- coûteux et peu précis

Déformation de l'espace

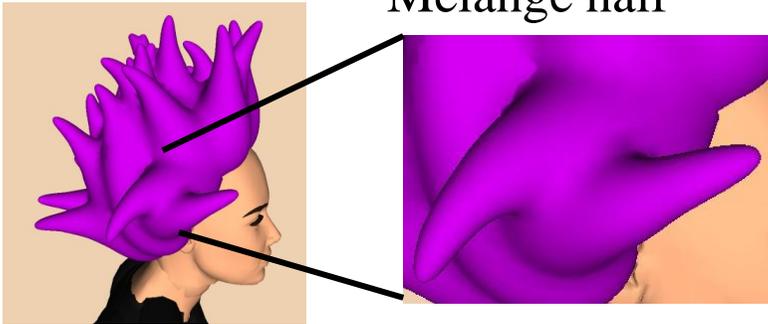
$$F(P) = f(W(P))$$



[Zanni Cani Hubert, SMI 2011]

Gestion fine des mélanges

Mélange naif



Mélange fonction de l'orientation!



Nouveau mélange directionnel

$$f(P) = f_{mere}(P) + \sum_{i \neq mere} |\cos(\alpha_i)| \cdot f_i(P)$$

Moins de mélange aux extrémités

$$f(P) = f_{mere}(P) + \text{blend} \left(\frac{t}{L} \right) \cdot \left(\sum_{i \neq mere} \tilde{f}_i(P) \right)$$

Premiers résultats



Conclusion

Créer et animer les Mondes Virtuels

Equipe IMAGINE

