



Façonner l'imaginaire

De la Création Numérique 3D aux Mondes Virtuels Animés

Marie-Paule Cani

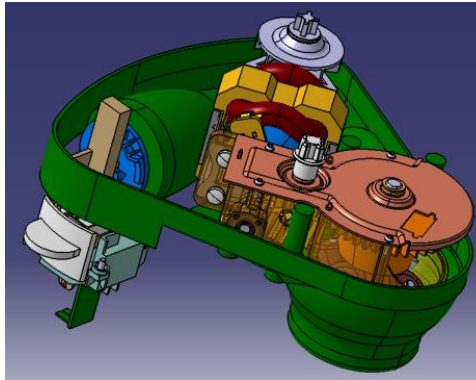
Univ. Grenoble-Alpes, CNRS & Inria



Création graphique 3D

Voir et toucher l'immatériel ?

@Grenoble-INP avec Lyon 1, Inria



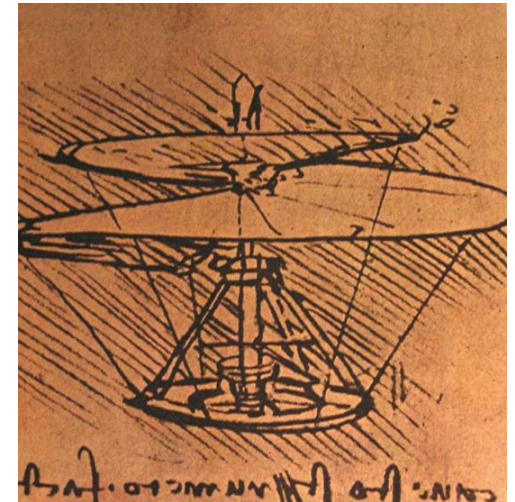
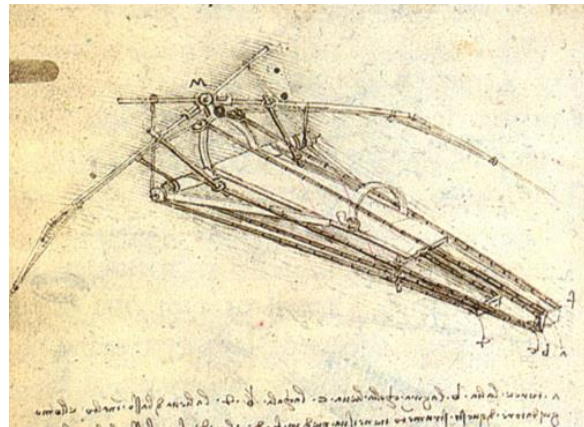
- Ebaucher, puis matérialiser une forme 3D imaginaire
- Donner vie à un monde virtuel peuplé et animé...

Dimension ludique ... et formidable outil!

Création graphique 3D Comprendre et Inventer!



Leonard de Vinci

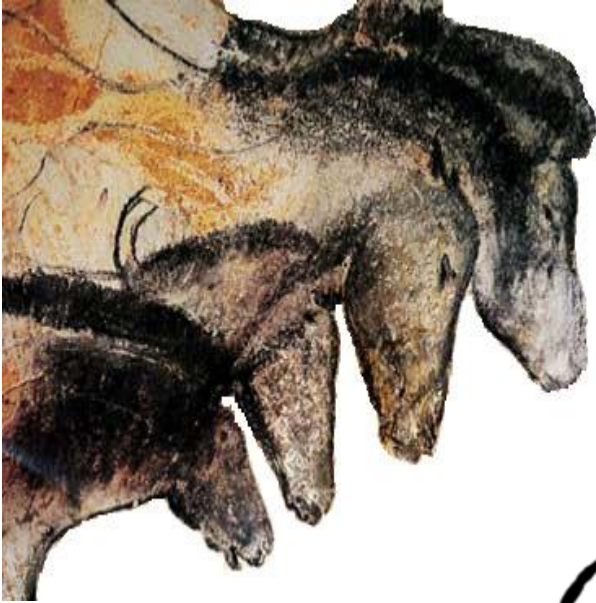


**“We should think about graphic designs as cognitive tools,
enhancing and extending our brains.”**

Colin Ware, *Visual Thinking for Design*, 2008

Créer des formes et des mouvements

Quels outils ?



@Macho Cabrio



La chute @JB Martin

- La peinture ... le dessin... la sculpture...

Créer des formes et des mouvements

Quels outils ?



- Media numérique
 - « Dessiner », mais en 3D ?
 - « Sculpter » aussi les mouvements ?
- S'affranchir des contraintes
 - Echelle du support, des doigts, des outils
 - Défaire/refaire... Copier, dupliquer, coller...



Peut-on faire mieux qu'un croquis, pour façonner l'imaginaire ?

Plan de cette leçon

- La création numérique 3D
- Vers une modélisation « expressive »
 1. Quels gestes pour créer en 3D ?
 2. Des connaissances dans les modèles!
 3. Extension aux Mondes Virtuels animés
- Façonner l'imaginaire : les défis

Création numérique 3D

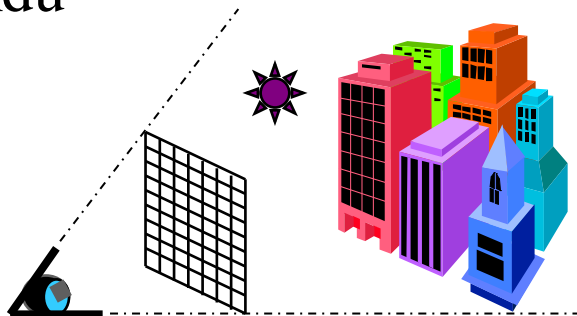
Informatique Graphique (Computer Graphics)

Ni traitement d'images, ni « imagerie »

- Part de modèles mathématiques, pour produire des images!

Trois étapes

1. Modélisation géométrique
2. Animation
3. Rendu



Création numérique 3D

Des mondes virtuels « réalistes »



[@Crytek]

Mais comment créer ces contenus ?

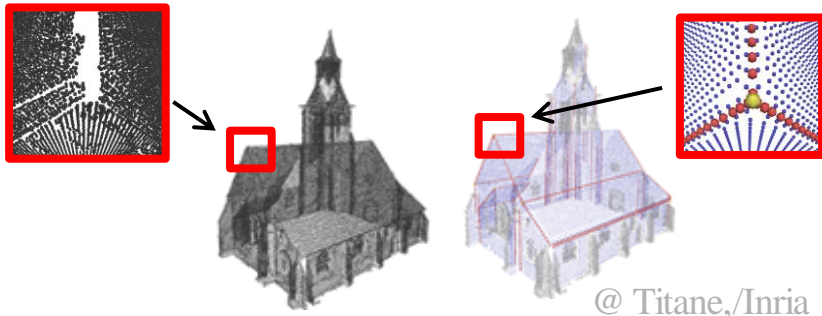
Automatiser la création des contenus?

Reconstruction du réel / Génération procédurale



@ Morpheo/Inria

- Comment passer à l'échelle ?
- Comment créer du nouveau ?



@ Titane,/Inria



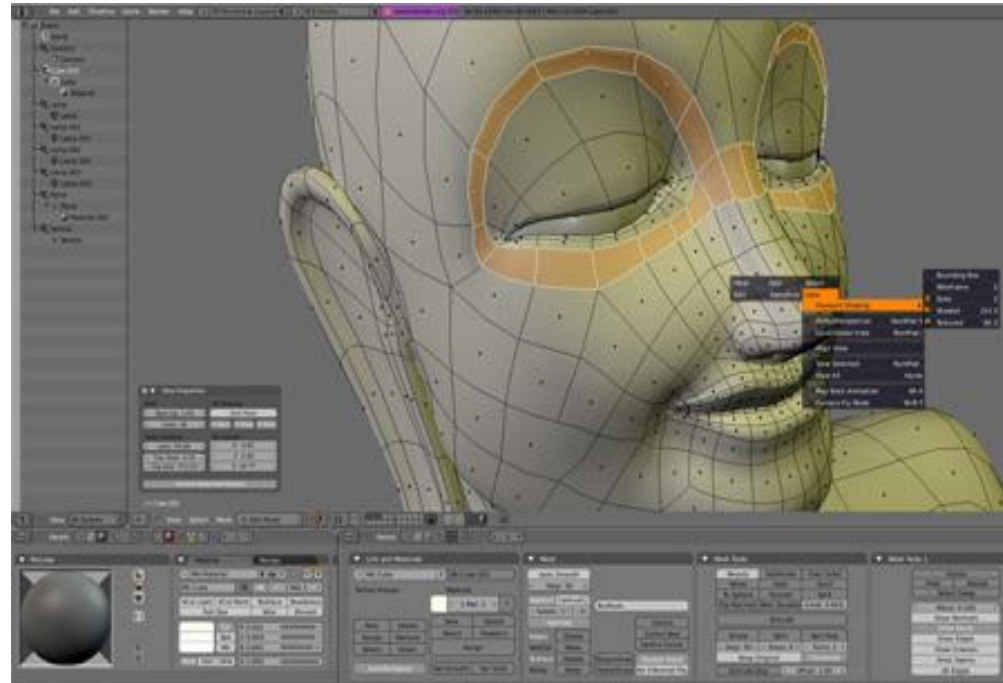
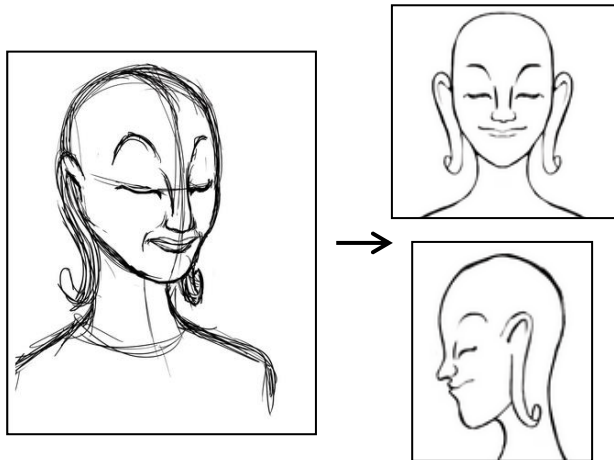
@Grenoble-INP, Lyon1, Inria

- Peut-on tout exprimer par des lois ?
- Quel contrôle ?

Création numérique 3D

Modélisation interactive

Logiciels standard
(Blender, Maya, 3ds max)



Grand défi : *“Make tools as transparent to the artists
as special effects were made transparent to the public!”*

[Rob Cook, directeur scientifique de Pixar, Siggraph Asia 2008]

Façonner l'imaginaire!

Vers une modélisation « Expressive »

Rendre les outils numériques « invisibles »?

Deux principes

- Permettre la création par gestes
- Intégrer des connaissances dans les modèles

Questions

1. Quels gestes pour créer en 3D ?
2. Quelles connaissances, et comment ?
3. Extension à un monde virtuel animé ?

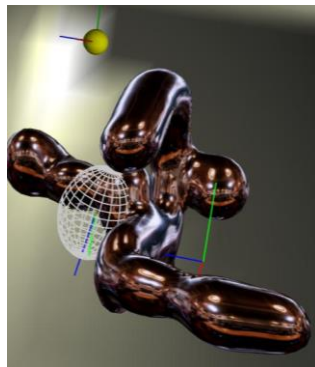
- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D ?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Peindre en 3D

Peindre sans support ?

- Manque de précision
- Fatigue

S'appuyer sur la matière!



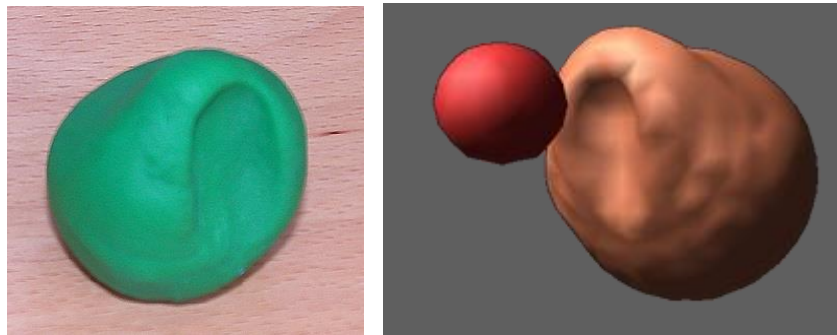
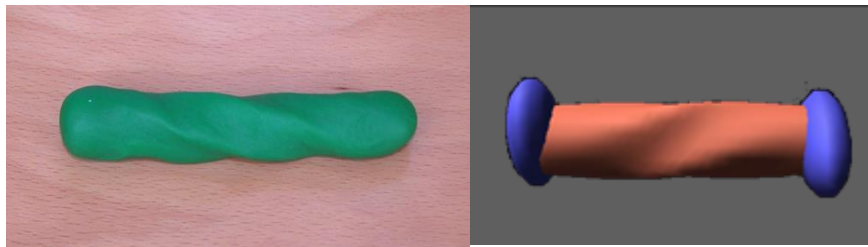
Cave Painting @ACM, 2001

@Grenoble-INP, Inria, 2001

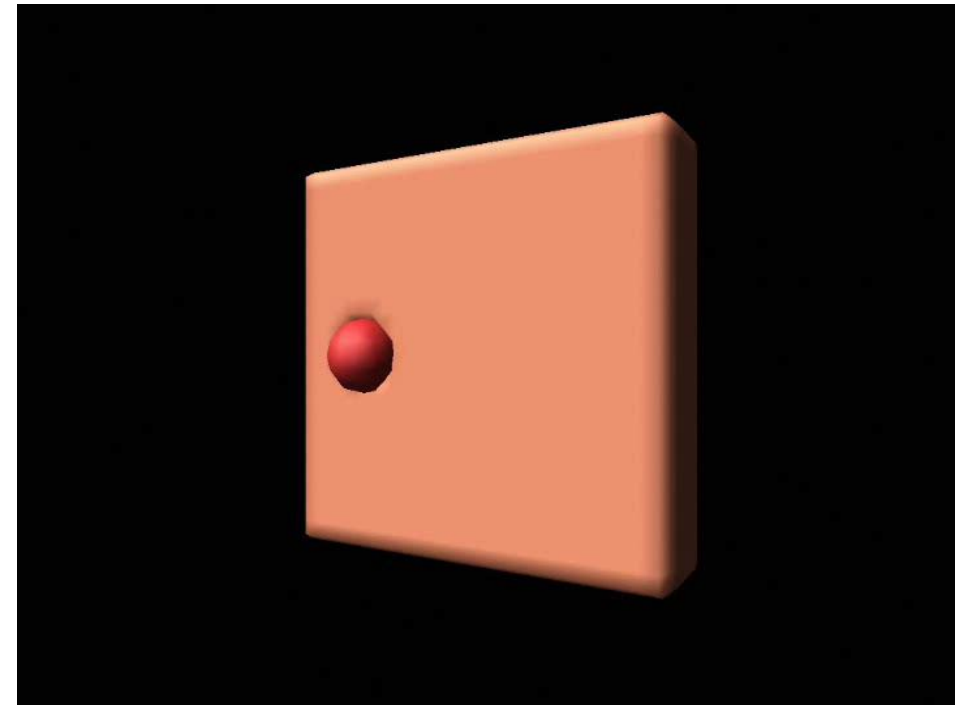
- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D ?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Sculpture virtuelle

Vers une argile virtuelle réaliste ?



Pate à modeler / Argile virtuelle

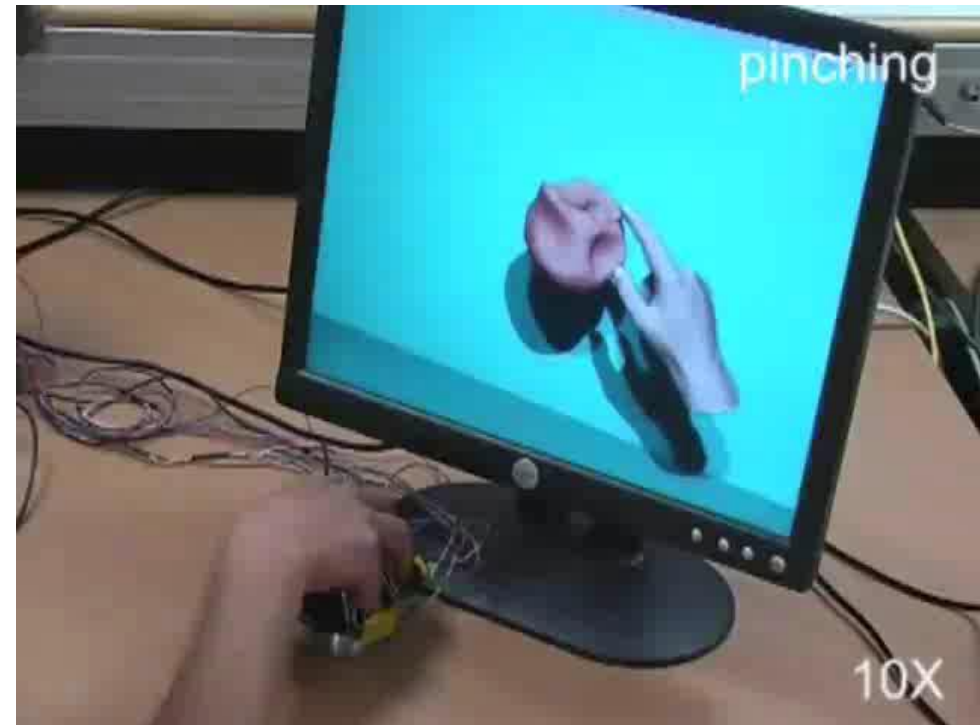
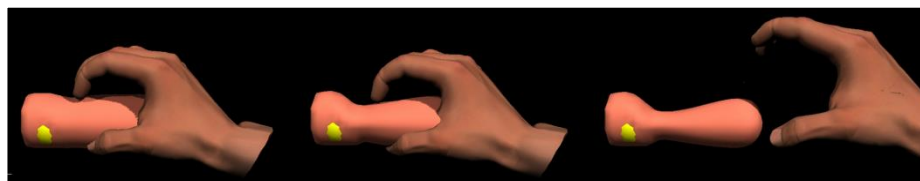
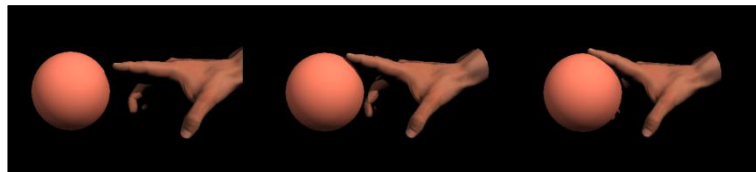
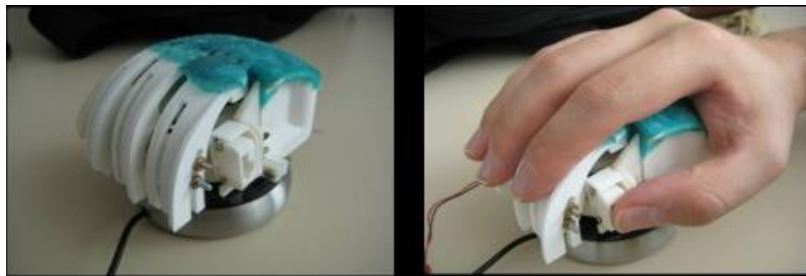


- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D ?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Sculpture virtuelle

Contrôler une main virtuelle ?

- “Hand Navigator”

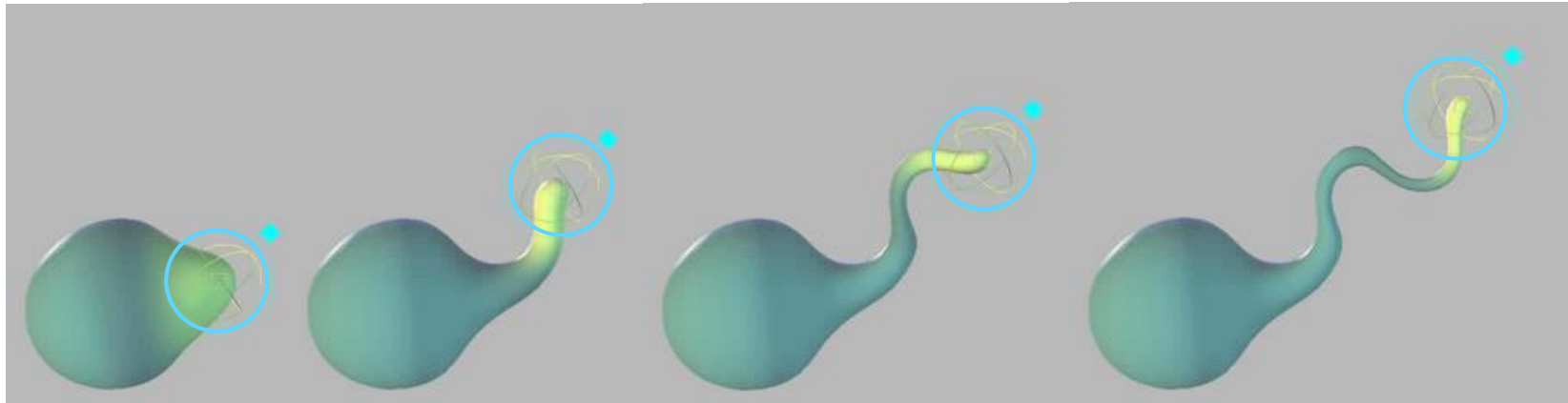


@Grenoble-INP, Inria, 2008

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D ?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Sculpture virtuelle

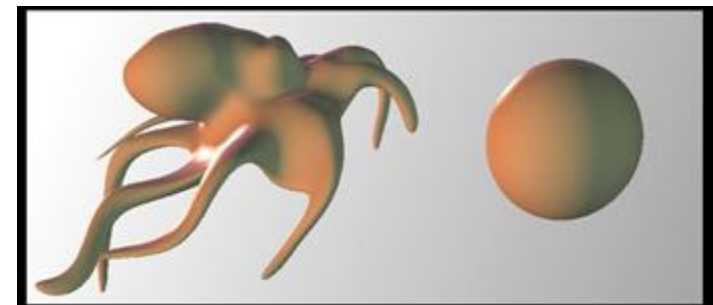
Déformer l'espace à volume constant ?



@Grenoble-INP, Inria, 2004

Enseignement

- Métaphores *inspirées* du réel

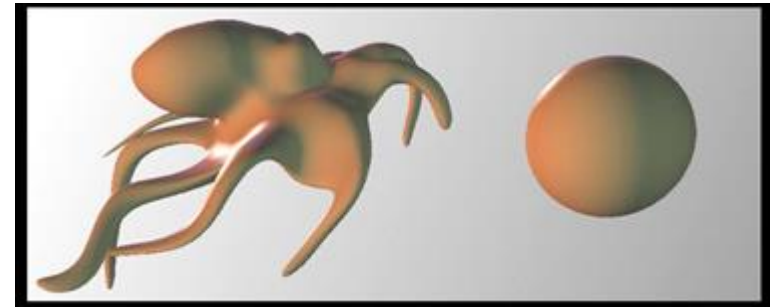
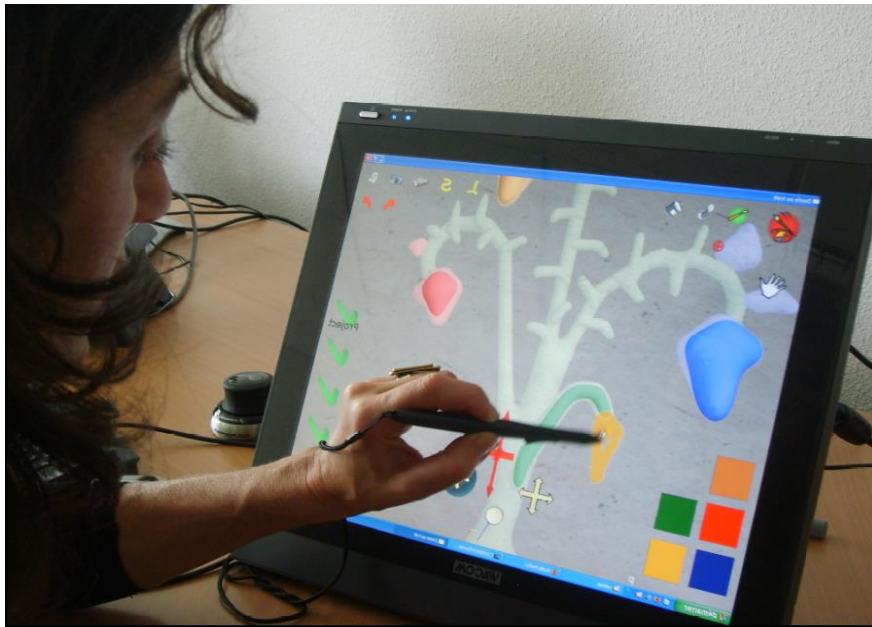


Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D ?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Le dessin 2D

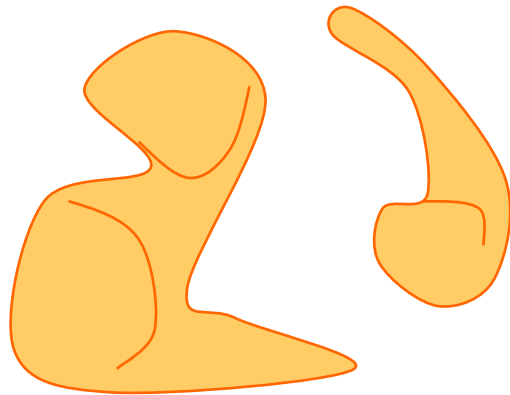
Modeler une argile virtuelle ?



... ou *dessiner en 2D* ?

- Création « par esquisse »

Pourquoi “voyons nous” des formes 3D ?



Formes inconnues

- Nous “voyons” la plus simple
- Donc la plus symétrique!



Formes connues

- Nous utilisons nos connaissances
- Permet d’inférer ce qu’il manque

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Dessin : formes inconnues

Comment inférer la profondeur ?

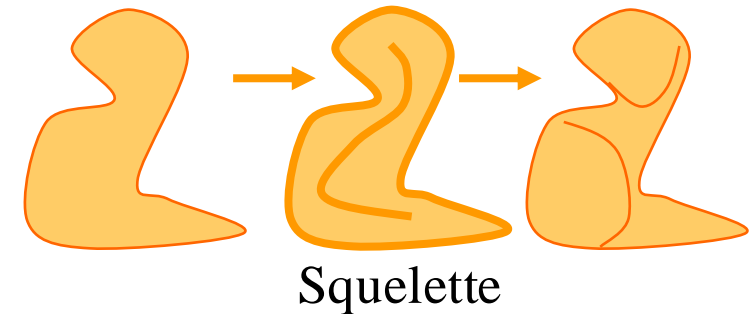
- Symétrie autour d'un squelette!

Comment ajouter des détails ?

- Annoter depuis un autre point de vue
- Profondeur donnée par la surface support

Besoins

- Créer des volumes à partir de squelettes
- Les raccorder de manière invisible

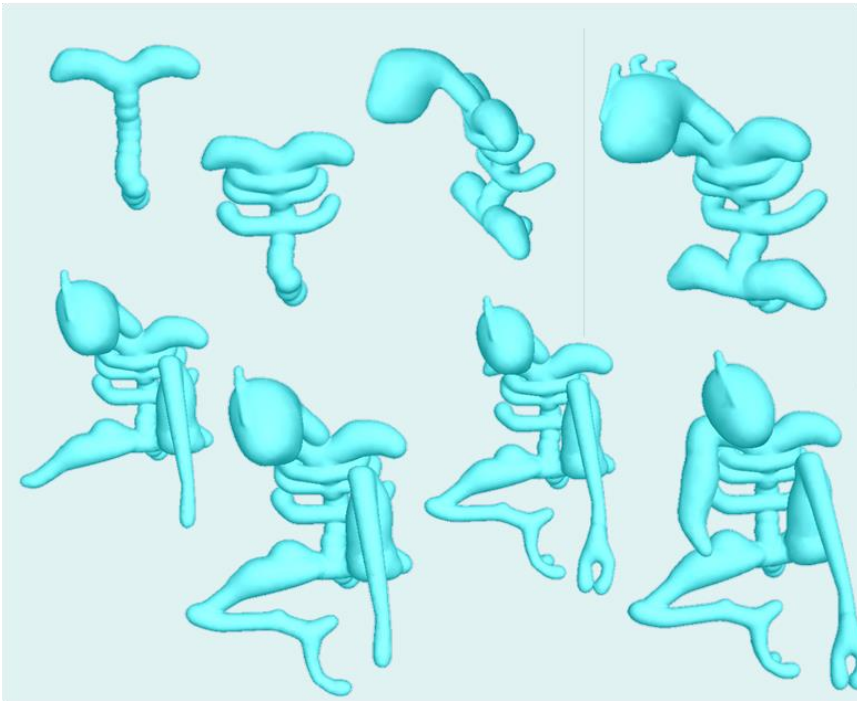


**Modélisation par
surfaces implicites!**

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Dessin : formes inconnues

@Grenoble-INP, Inria, 2010

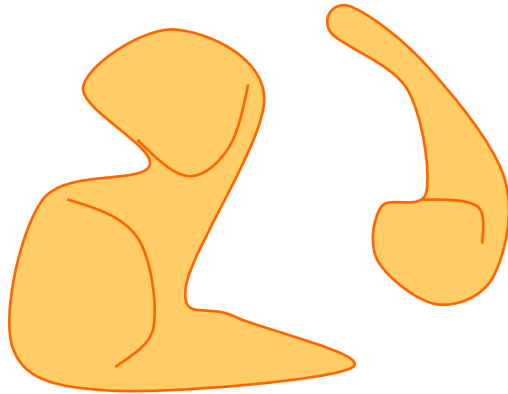


Création: 24 dessins, 1mn chacun

Image de synthèse

Impression 3D

Pourquoi “voyons nous” des formes 3D ?



Formes connues

- Nous *utilisons nos connaissances*
- Permet d’inférer ce qu’il manque

Plan de cette leçon



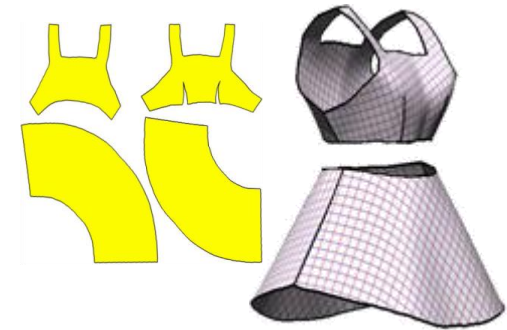
- La création numérique 3D
- Vers une modélisation « expressive »
 1. Quels gestes pour créer en 3D ?
 2. **Des connaissances dans les modèles!**
 3. Extension aux Mondes Virtuels animés
- Façonner l'imaginaire : les défis

Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

L'exemple des vêtements

- Surface développable par morceaux
- Création difficile dans le monde réel
- Besoin de vêtir les personnages virtuels



Quelles connaissances ?

Création par croquis, Animation, Transfert à d'autres morphologies



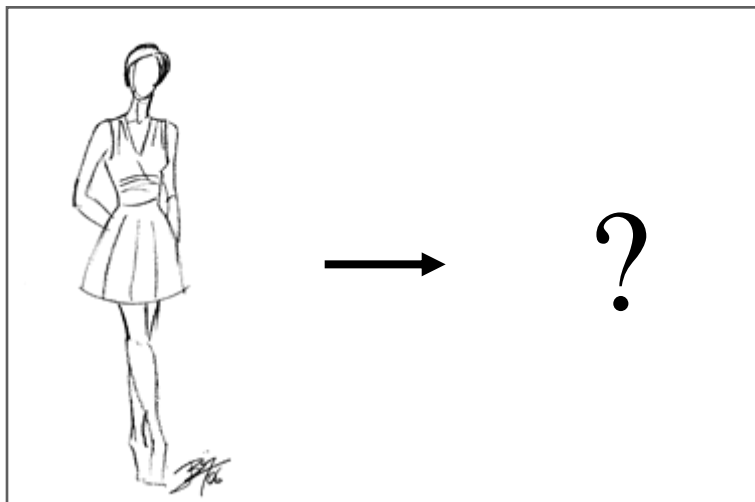
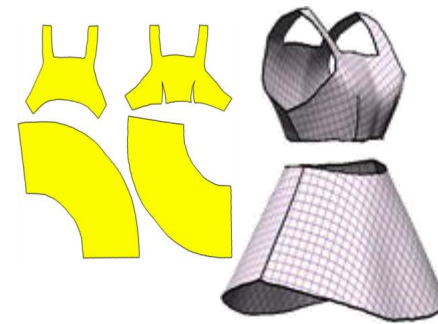
Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

L'exemple des vêtements

Méthode standard

- Dessin et placement des patrons
- Lancer une simulation
- Itérer pour fixer les paramètres!



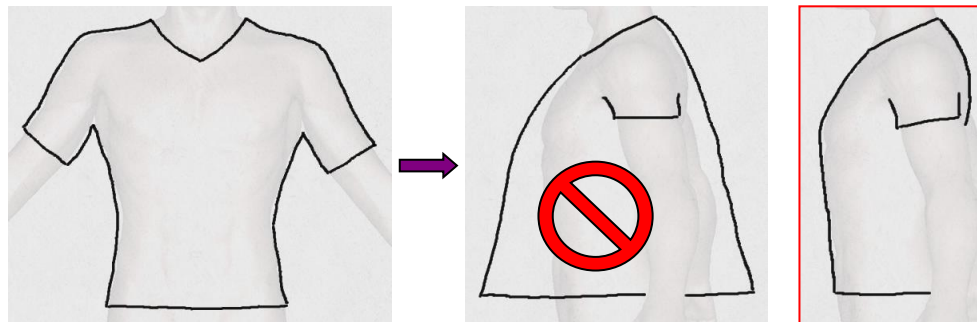
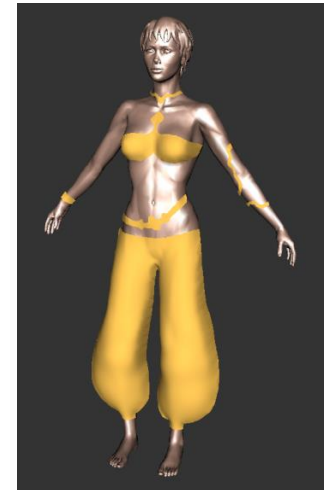
Modèle 3D depuis un dessin?

→ calcul automatique du patron!

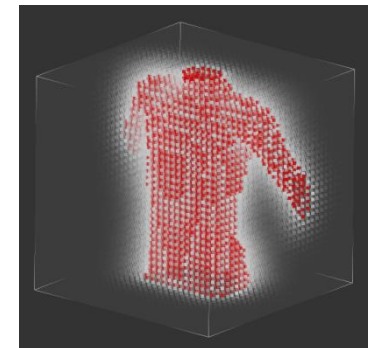
- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Vêtement d'après croquis

- Dessiner sur une vue du mannequin
- Connaissances ? Idée simple :
 - Aussi moulant tout autour du corps!



Sculpter
dans un
champ de
distance



Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Vêtement d'après croquis

Le résultat manque de plis!

- Permettre de les dessiner ?
- Ou utiliser plus de connaissances ?
 - Un vêtement est développable
 - Les plis peuvent être calculés



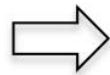
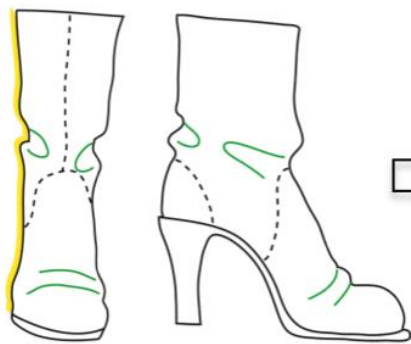
@Grenoble-INP, Inria, 2007



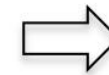
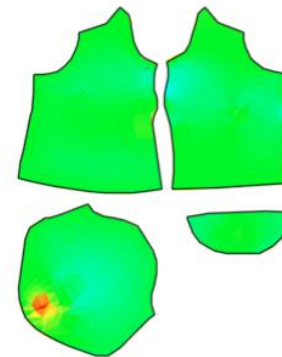
Modélisation expressive

- ✓ Quels gestes pour créer en 3D?
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Vêtement d'après croquis

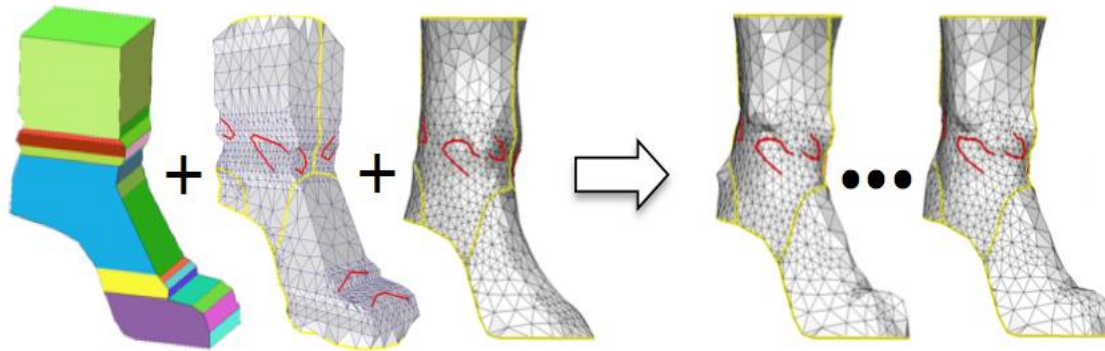


+



Entrée

Validation



Solution: optimiser la développabilité et identifier les silhouettes!

Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Animation de vêtements

- Simulation temps-réel
- Mesure de l'isométrie
- Ajouts des plis



@Grenoble-INP, Inria, UBC, 2009



Input Simulation



Our results

- ✓ Quels gestes pour créer en 3D?
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Transfert de vêtements

But : Adaptation automatique

Créer un vêtement fabricable...

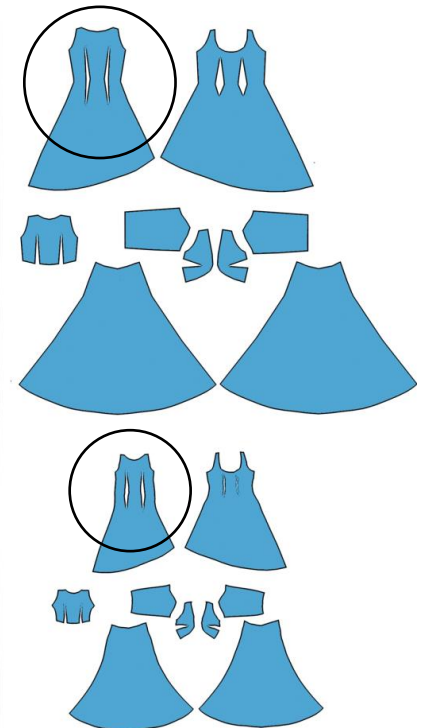
- Sans auto-collisions
- Développable par morceaux

Préserver le design!

- Proportions
- Parties moulantes ou non
- Orientations des surfaces



@Grenoble-INP, Inria, 2012



A exprimer mathématiquement et convertir en algorithme!

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Transfert d'anatomie

Second exemple : Connaissances anatomiques

- Os droits et symétriques, masse musculaire proportionnée, etc
- Chaîne de traitement à mettre en place



Plan de cette leçon

- La création numérique 3D
- Vers une modélisation « expressive »
 1. Quels gestes pour créer en 3D ?
 2. Des connaissances dans les modèles!
 3. **Extension aux Mondes Virtuels animés**
- Façonner l'imaginaire : les défis

Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Gérer la complexité

Complexité des formes, des mouvements, en nombre d'éléments

- L'occasion de collaborer avec d'autres sciences
- Besoins spécifiques

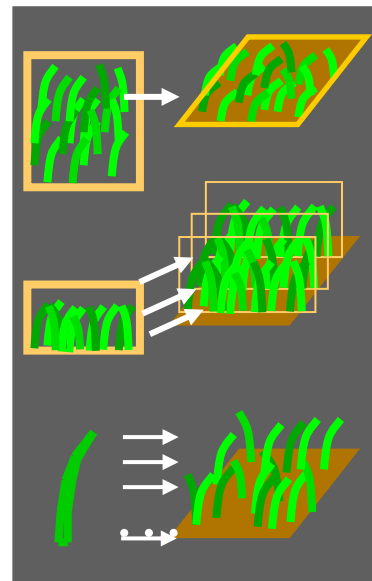
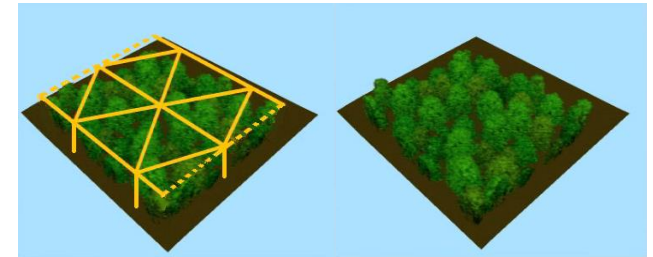
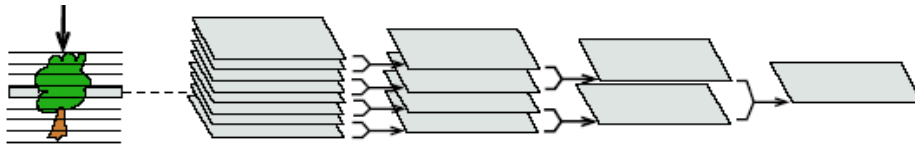


Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Gérer la complexité

Solution : Mondes en trompe l'œil



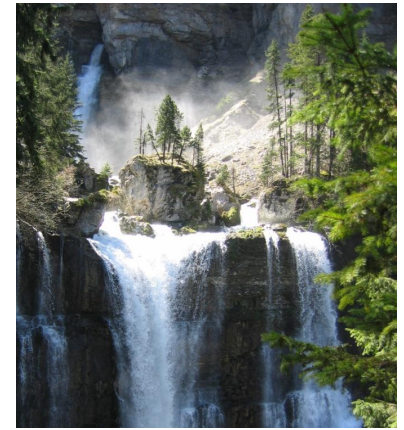
Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

Les défis de la création

Multitude d'éléments + règles à respecter

- ✓ *Formes : Lois de la biologie, géologie, statique*
- ✓ *Mouvements : Lois de la dynamique, interactions*



Trois défis

- *Comment spécifier tous ces éléments ?*
- *Comment les animer malgré leur nombre ?*
- *Peut-on combiner réalisme et contrôle ?*



A l'utilisateur : le contrôle... à la machine : les contraintes!

Modélisation expressive

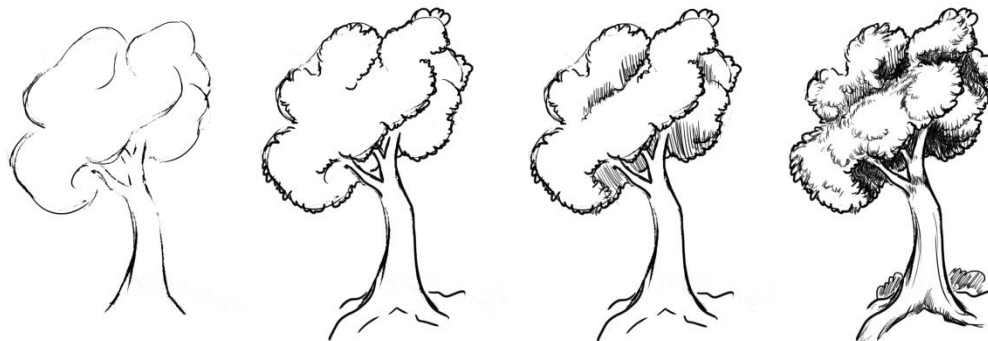
- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

1. Trop de choses à spécifier

Exemple : Modélisation d'un arbre

- Besoin de contrôler sa forme spécifique
- Lois biologiques et statistiques à respecter
- Trop long de dessiner chaque branche, chaque feuille !

Inspiration



Idée

Combiner dessin multi-résolution et génération procédurale!

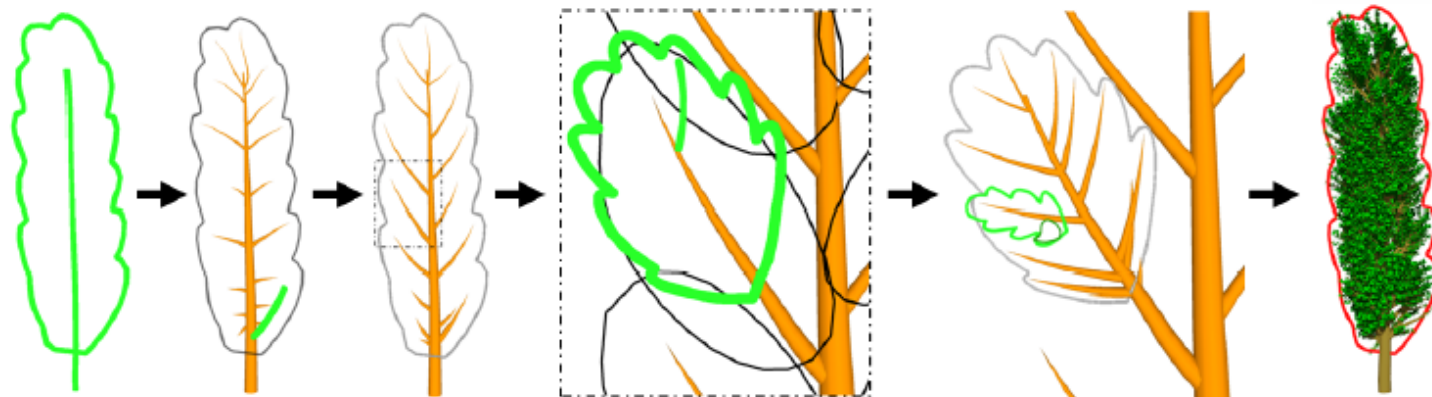
Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

1. Trop de choses à spécifier

Arbre : Dessin multi-résolution de distributions

- Déduire la structure de la silhouette
- Utiliser des règles botaniques et probabilistes pour
 - Créer les autres distributions de branches
 - Trouver les angles de branchements en 3D
 - Placer chaque élément en 3D



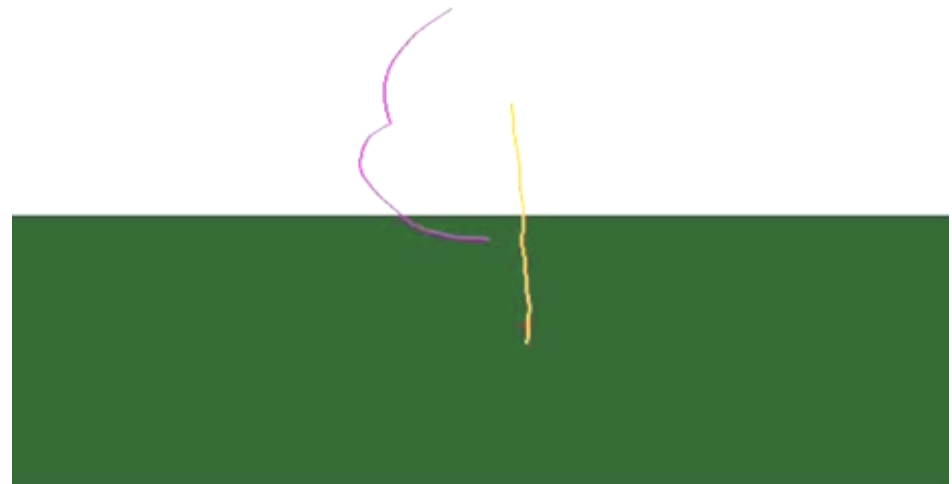
Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

1. Trop de choses à spécifier

Arbre : Résultats

@Grenoble-INP, Inria, 2006



Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

2. Trop d'éléments à simuler

Exemple : création et animation d'une chevelure

- 100 000 cheveux inextensibles, interagissant deux à deux
- Conditionne la forme au repos comme la dynamique



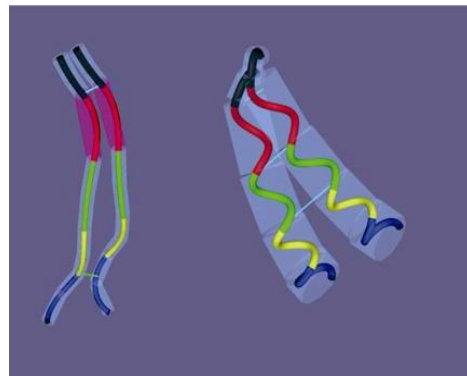
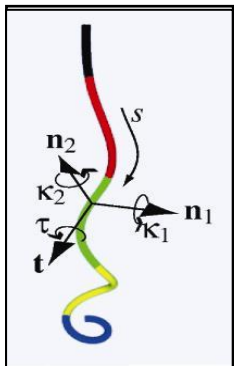
Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

2. Trop d'éléments à simuler

Modèle multicouches pour passer à l'échelle

- Animer des « cheveux guides » (super-hélices)
- Gérer les interactions à l'échelle des mèches
- Ajout de cheveux par interpolation ou extrapolation

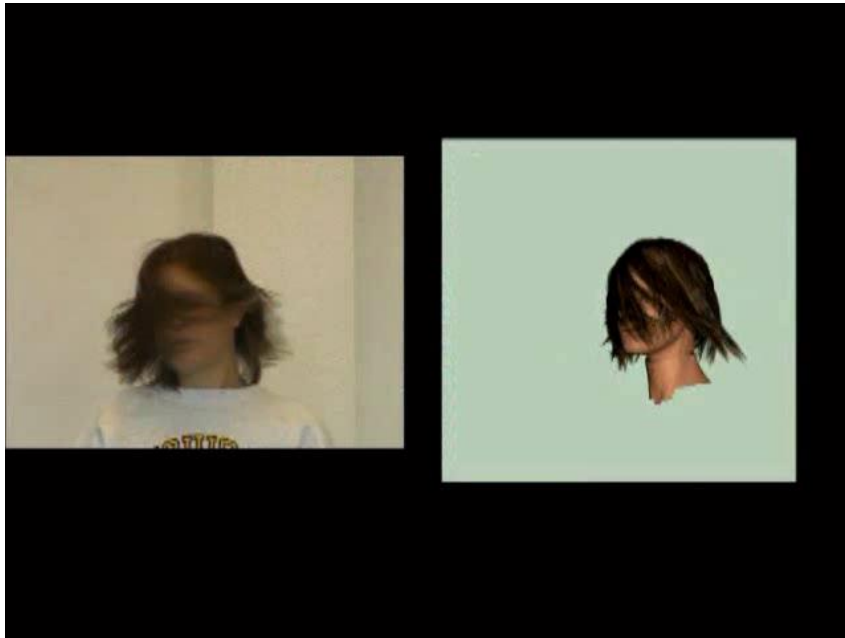


Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

2. Trop d'éléments à simuler

Résultats



@Inria, CNRS, Grenoble-INP, L'Oréal 2006



@Grenoble-INP, Inria, UBC 2007

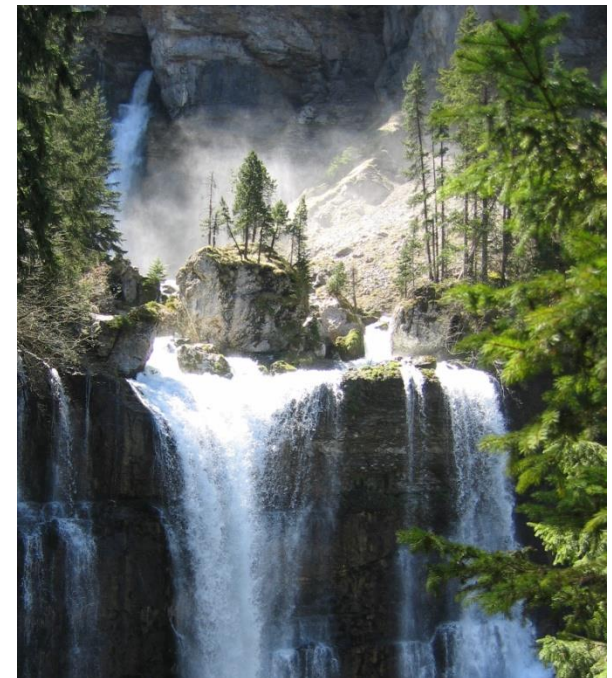
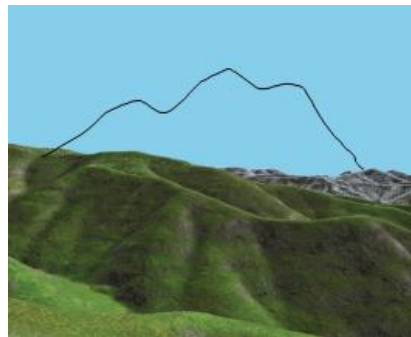
Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

3. Réalisme et/ou Contrôle ?

Exemple de la création d'un réseau de cascades

- Trajectoire et nature (torrent, chute...) sont dictés par le terrain
- Cohérence des débits à respecter
- L'utilisateur aimerait du contrôle!



Modélisation expressive

- ✓ *Quels gestes pour créer en 3D?*
- ✓ *Modèles basés connaissances*
- ✓ *Extension aux Mondes Virtuels*

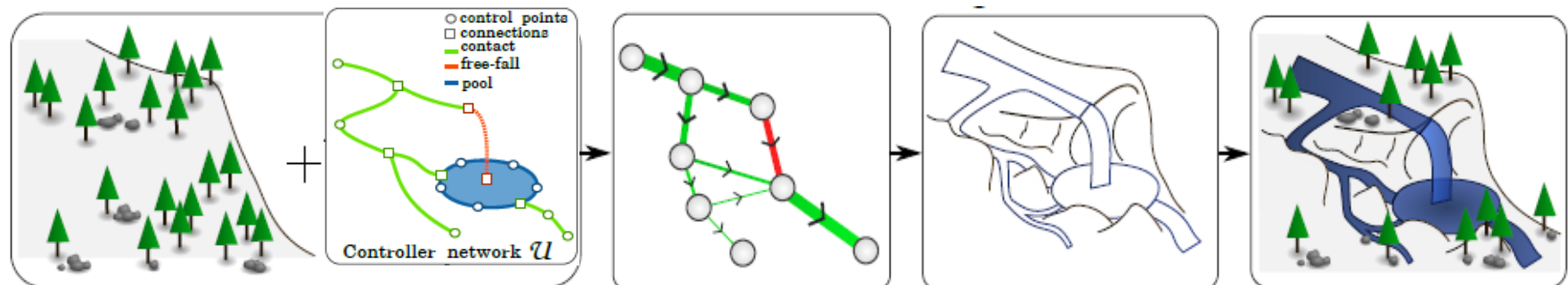
3. Réalisme et Contrôle!

Solution : Imbriquer contrôle et calculs

- L'utilisateur dessine un réseau
- Des débits cohérents sont calculés
- Le terrain s'adapte automatiquement



@Grenoble-INP, Inria 2014



Dans ce cours

(le vendredi 10h30 – 12h30)

Partie 1 : Création de formes numériques 3D

- Représentation géométrique: les surfaces implicites
- Métaphores d'interaction : sculpture, dessin, transfert de modèles

Séminaires : Loïc Barthe, Sylvain Lefebvre, Adrien Bousseau, Tamy Boubekeur

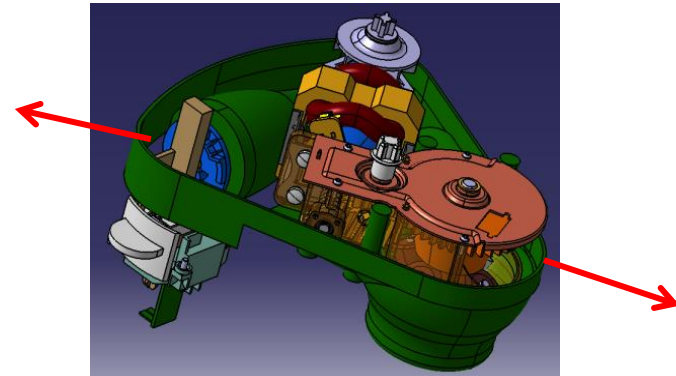
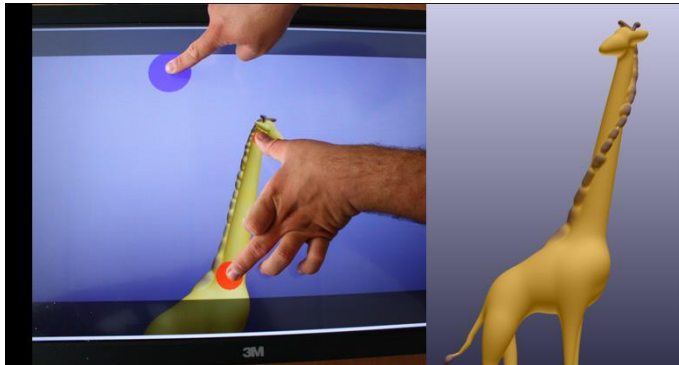
Partie 2 : Créer et contrôler des mondes virtuels animés

- Créer un paysage, animer les scènes naturelles
- Peupler les mondes virtuels
- Combiner réalisme visuel et contrôle!

Séminaires : Eric Galin, François Faure, Julien Pettré, Florence Bertails-Descoubes

Façonner l'imaginaire : les défis

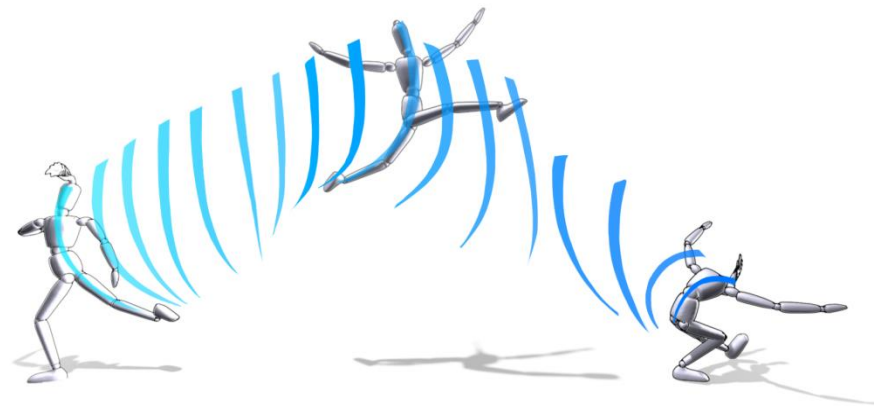
- S'adapter à l'expertise de l'utilisateur
 - Nouvelles interfaces et plasticité des méthodes
- S'abstraire des modèles particuliers ?
 - Dessiner/sculpter des modèles 1D, 2D, 3D + des distributions
 - Trouver la fonction d'après la forme ? Déformer en la préservant!



Façonner l'imaginaire : les défis

- Extension à du contenu animé
 - Quels gestes utiliser pour créer un mouvement spécifique ?
 - Comment le « sculpter », c'est à dire le déformer, le raffiner ?
 - *Quelles connaissances injecter dans les modèles ?*

@univ. Grenoble-Alpes, Inria 2006

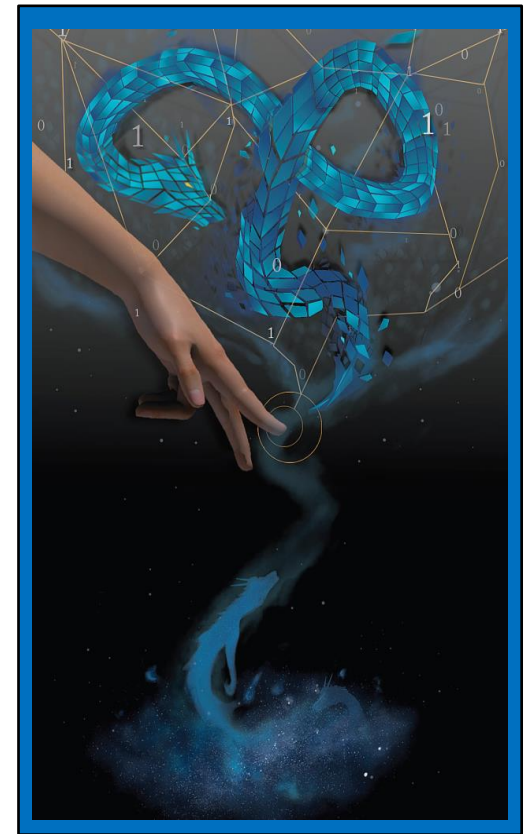


Conclusion

Révolution de la création graphique

- Impact sur les logiciels, sur l'impression 3D
Zbrush, Sculptris, SketchUp, Minecraft, Spore... Jweel
- Le média numérique, support de l'imagination
 - Créer, voir et manipuler sa création
 - Raffiner progressivement une ébauche
 - S'abstraire des tâches difficiles ou répétitives

Vers un humain augmenté...



Un grand Merci



- A mon équipe de recherche (Imagine / LJK-Inria)
- Aux collègues LJK, Inria, Ensimag, et Grenoble-INP
- A mes collaborateurs en France et à l'étranger
- A la communauté française d'Informatique Graphique

Et à tous les auditeurs!