



# *Modélisation 3D à partir de dessins 2D*

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

#### **Cours 3 : Modélisation 3D à partir de dessins 2D**

*Séminaire* : Interprétation de croquis pour le design. Adrien Bousseau

- Réutilisation et transfert des modèles 3D

### *Partie 2 : Mondes virtuels animés*

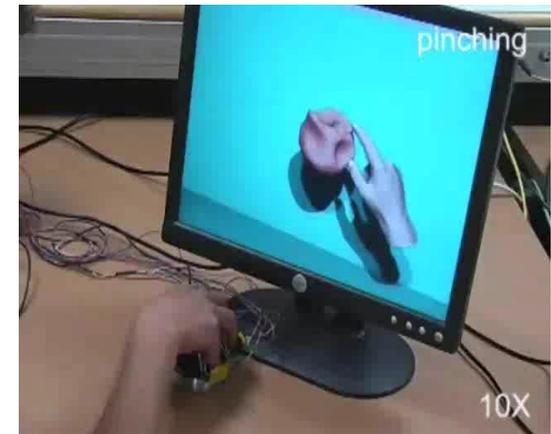
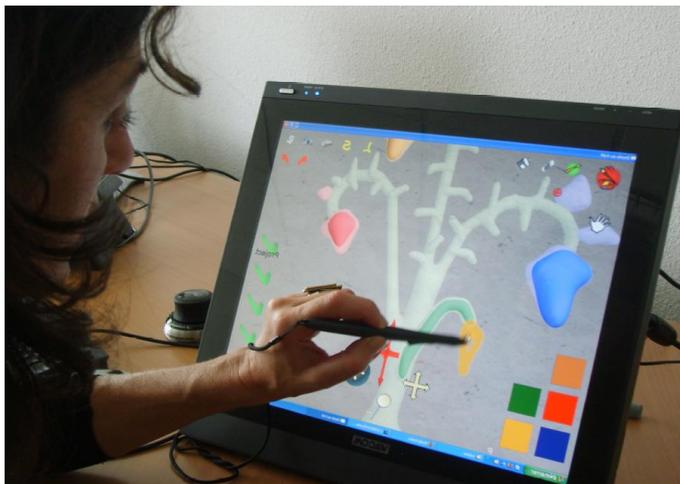
- Création intuitive des éléments d'un paysage
- Animation efficace de phénomènes naturels : des détails qui s'adaptent
- Humains et créatures virtuelles : animation par habillages successifs
- Vers une animation expressive – marier réalisme et contrôle ?

# *Modélisation 3D à partir de dessins 2D*

## *Motivations*

### Difficulté de la sculpture virtuelle

- Indirection : les mains ne sont pas en contact avec la forme
- Seuls de bons artistes y parviennent



Par contre

- Un simple écran permet de dessiner !
- Au contact d'une projection 2D

## Trois manières d'utiliser les dessins

1. Au stade de l'ébauche : « Dessins 3D »
2. Pour la modélisation constructive
3. Pour créer rapidement une forme complexe
  - Animaux et créatures virtuelles
  - Vêtements

# *Inspiration*

## *Dessins et croquis réels*

### **Au stade de l'ébauche**

- Simple et rapide
- Expressif : on imagine la forme
- Permet d'exprimer l'incertitude

*Mais limité à un seul point de vue !*

*→ Inventer un « dessin 3D » ?*

### **Défi**

- Déformer *les silhouettes* quand la caméra bouge



- ✓ **Dessin 3D au stade de l'ébauche**
- ✓ Croquis pour la modélisation constructive
- ✓ Formes complexes d'après un dessin

## ***Une solution : modéliser l'incertitude***

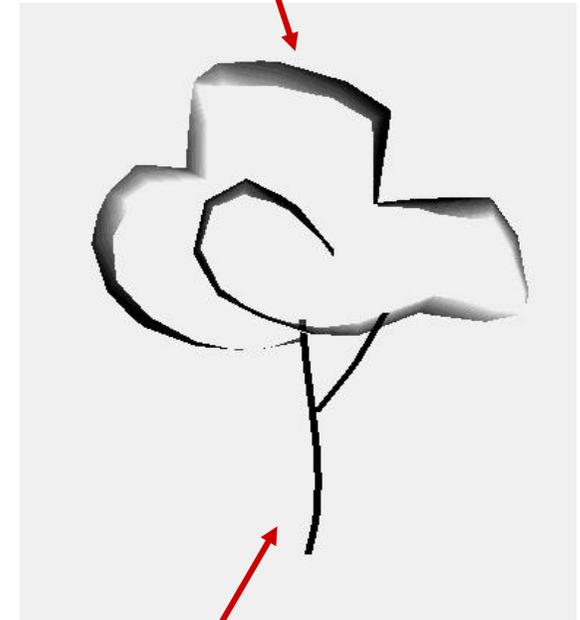
### **Pour déformer les silhouettes**

- Inférer une surface locale
- De plus en plus incertaine...
- Gérer les parties cachées

### **Dessin itératif**

- Choix d'un plan de dessin  
Mouvement caméra + profondeur
- Crayons différents  
« *silhouette* » / « *courbe 1D* »

**Silhouette**

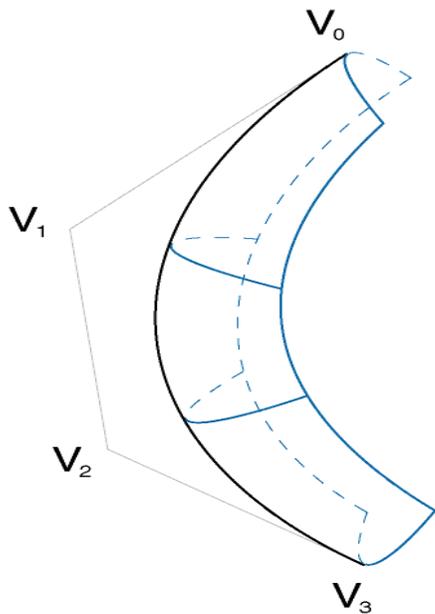


**Courbe 1D**

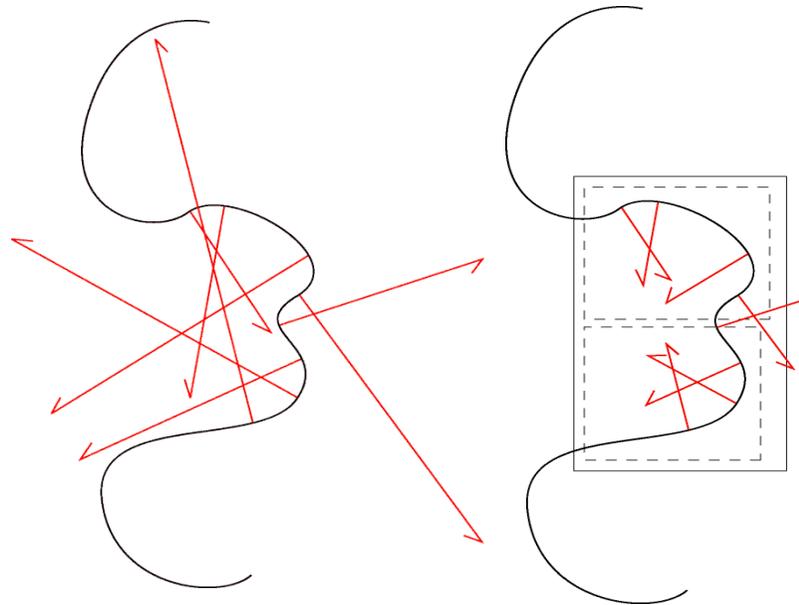
- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis pour la modélisation constructive*
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

## *Inférer une surface locale*

**Idée :** surface tubulaire s'appuyant sur la silhouette

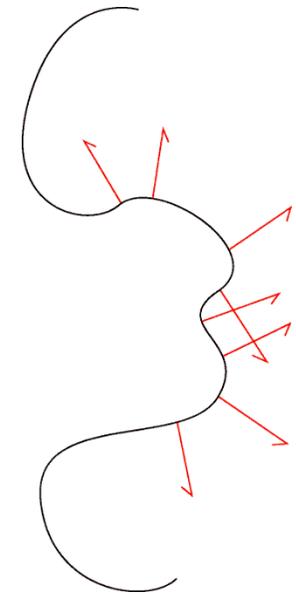


Modélisation par spline



Vecteur normaux

Réduction



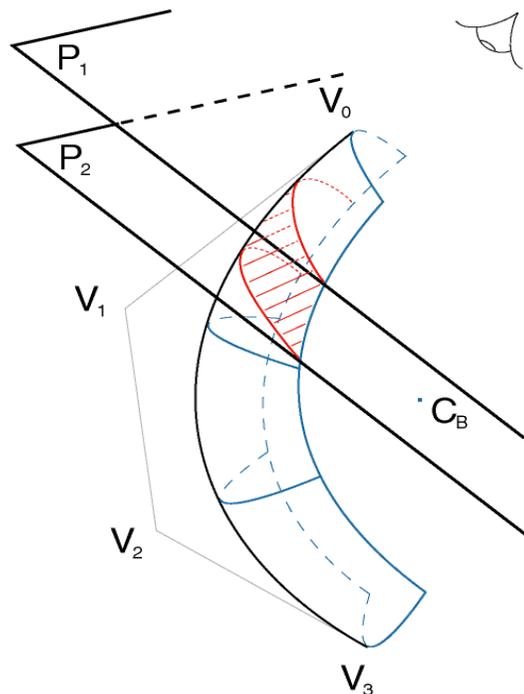
Orientation

- ✓ **Dessin 3D au stade de l'ébauche**
- ✓ Croquis pour la modélisation constructive
- ✓ Formes complexes d'après un dessin

## Affichage des silhouettes

Approximation par une section entre deux plans

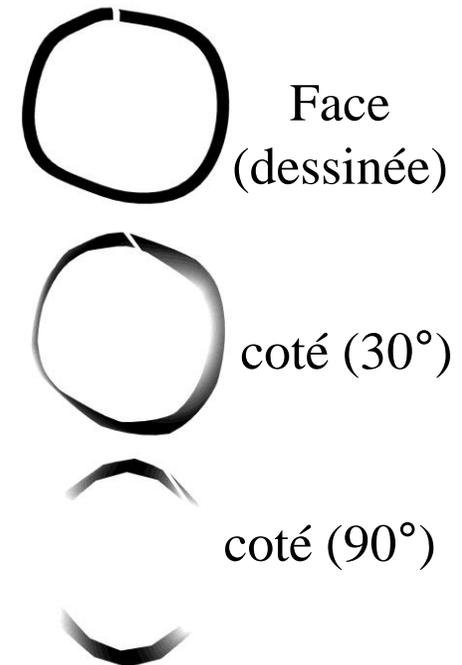
Textures semi-transparentes pour rendre l'incertitude



Certitude

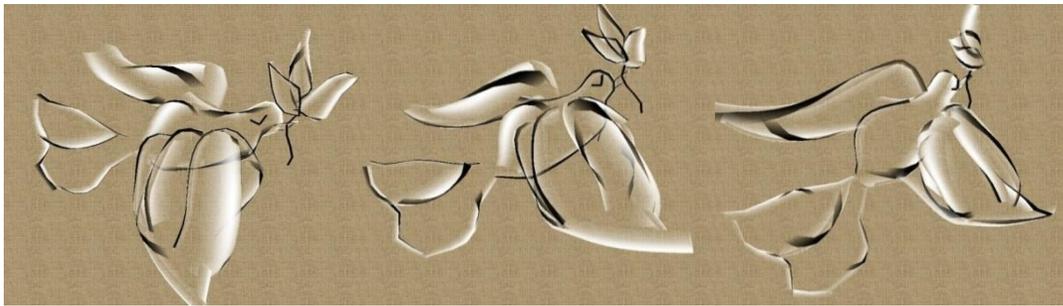


Opacité

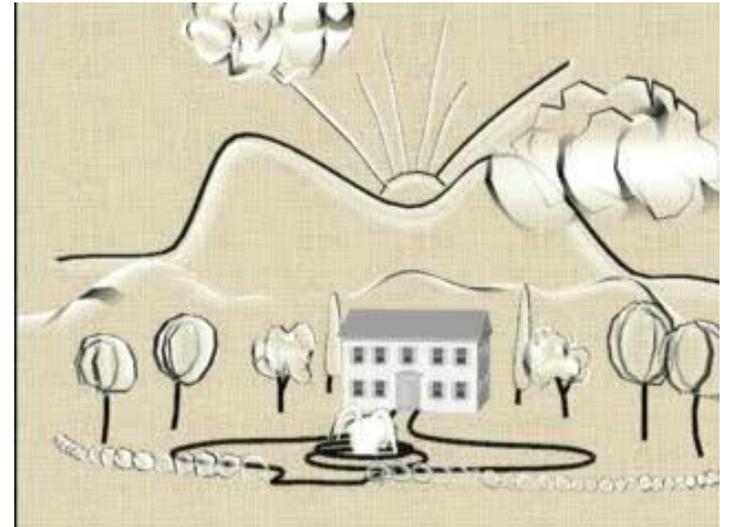


- ✓ **Dessin 3D au stade de l'ébauche**
- ✓ *Croquis pour la modélisation constructive*
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

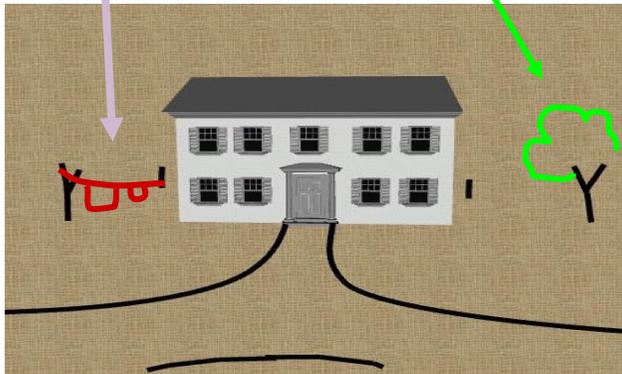
## ***Résultats : illustrations et annotations***



*[Bourguignon 2001]*

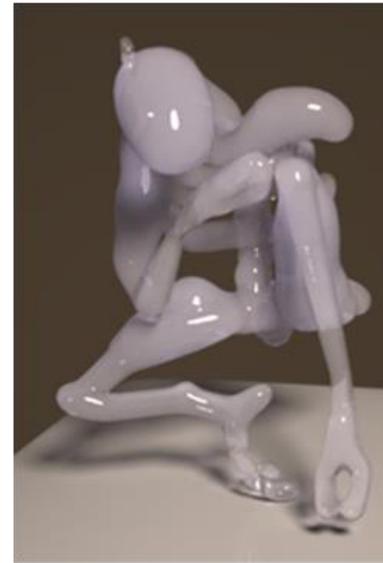
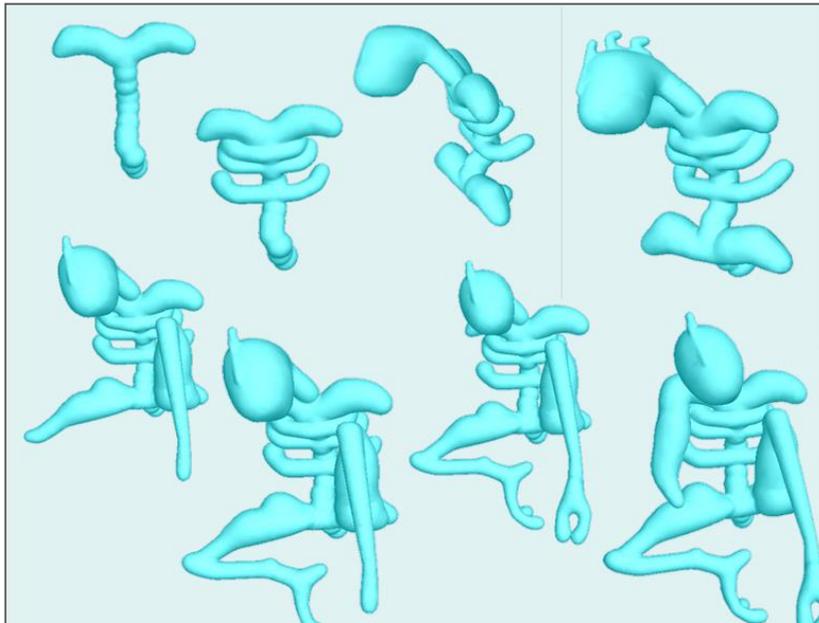


### **Plan de dessin automatique**



# *Aller vers la construction d'une forme?*

**Modélisation constructive** [créer, assembler, déformer]



Assemblage de 24 parties

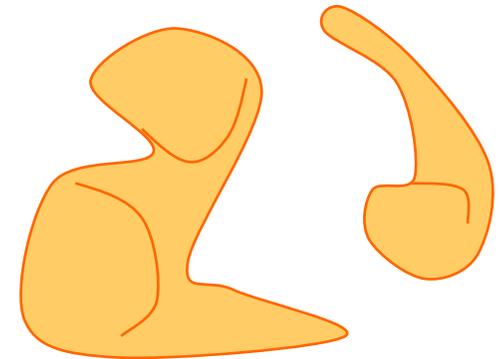
→ *Peut-on dessiner pour construire ces parties?*

# *Croquis en modélisation constructive*

## **Etudes perceptuelles, formes inconnues**

- Nous “voyons” la forme la plus simple  
... qui est la plus symétrique!

*[A generative théorie of shapes. M. Leyton]*



## **Méthode de création**

- Hypothèse : contour = silhouette plane
- « Faire gonfler » à partir de cette silhouette
- Assembler des morceaux (point de vue variable)



*[Igarashi 99 @ACM]*

- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ ***Croquis en modélisation constructive***
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

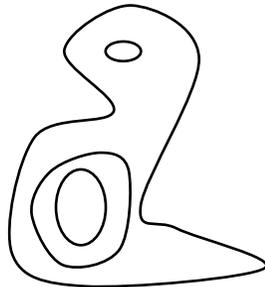
## ***Faut-il dessiner ou peindre?***

### **Dessin d'un contour fermé**

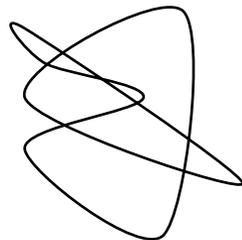


Dessin  
brut

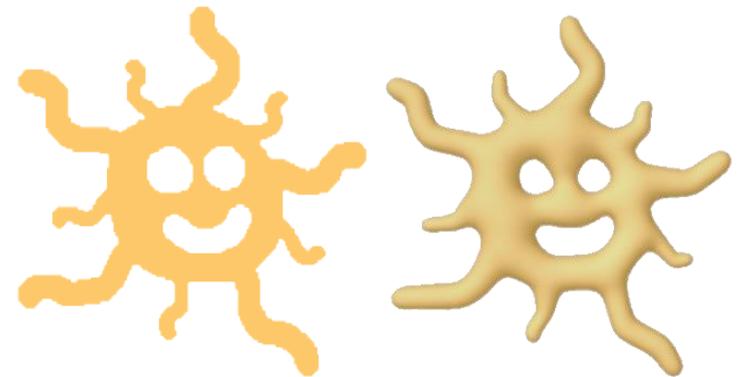
Dessin  
vectoriel



- Comment modéliser les trous?
- Validité à vérifier!



### **Peindre des régions**



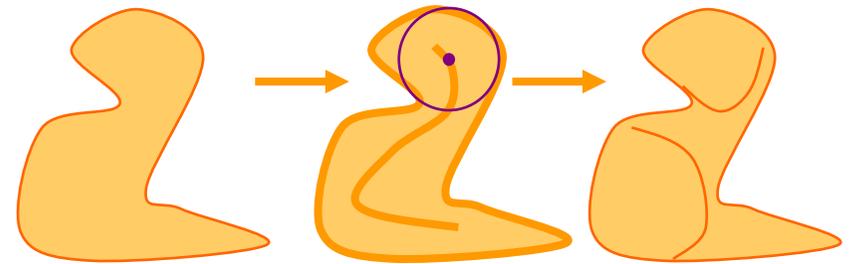
- Toujours valide
- Tout genre topologique!

- ✓ Dessin 3D au stade de l'ébauche
- ✓ **Croquis en modélisation constructive**
- ✓ Formes complexes d'après un dessin

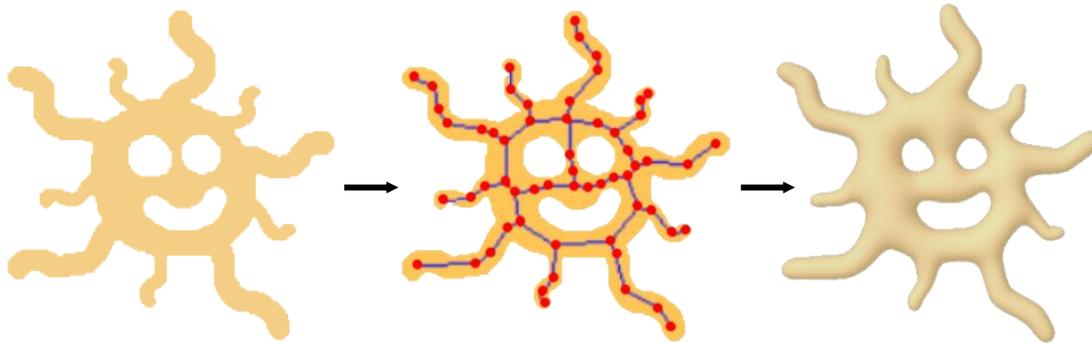
## Créer une nouvelle partie

### Forme la plus simple?

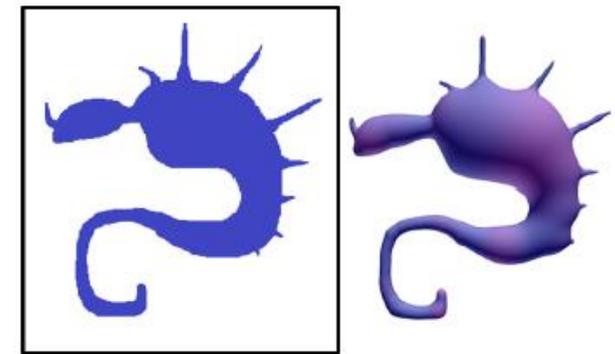
- Symétrie autour d'un squelette
- Calcul par *axe médian*



### Solution : surfaces implicite $S = \{P / f(P) = c\}$



Surfaces de convolution [Bernhardt 2008]



SCALIS [Zanni 2013]

- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ ***Croquis en modélisation constructive***
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

## ***Assembler des morceaux***

### **Ajout de parties ou de détails?**

- Annoter depuis un autre point de vue
- Profondeur du point de départ
- Assembler de manière invisible  $f = f_1 + f_2$

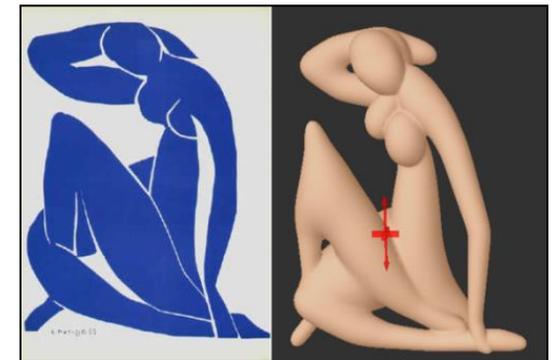


### **Besoins**

- Mélanger là où les formes s'intersectent
- Eviter la disparition des détails

→ Amélioration des mélanges implicites

*[Bernhardt 2008, 2010, Gourmel 2013, Zanni 2014]*



Système « Matisse »

- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ ***Croquis en modélisation constructive***
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

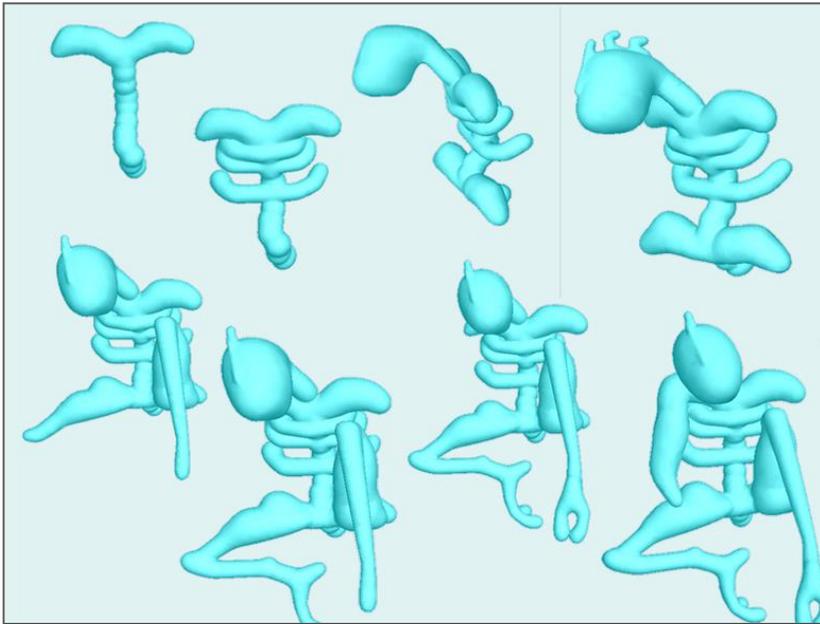
## *Résultats*



*[Bernhardt 2008]*

- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ ***Croquis en modélisation constructive***
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

## ***Résultats***



24 dessins, 1mn par dessin



Aucun  
mélange à  
distance!

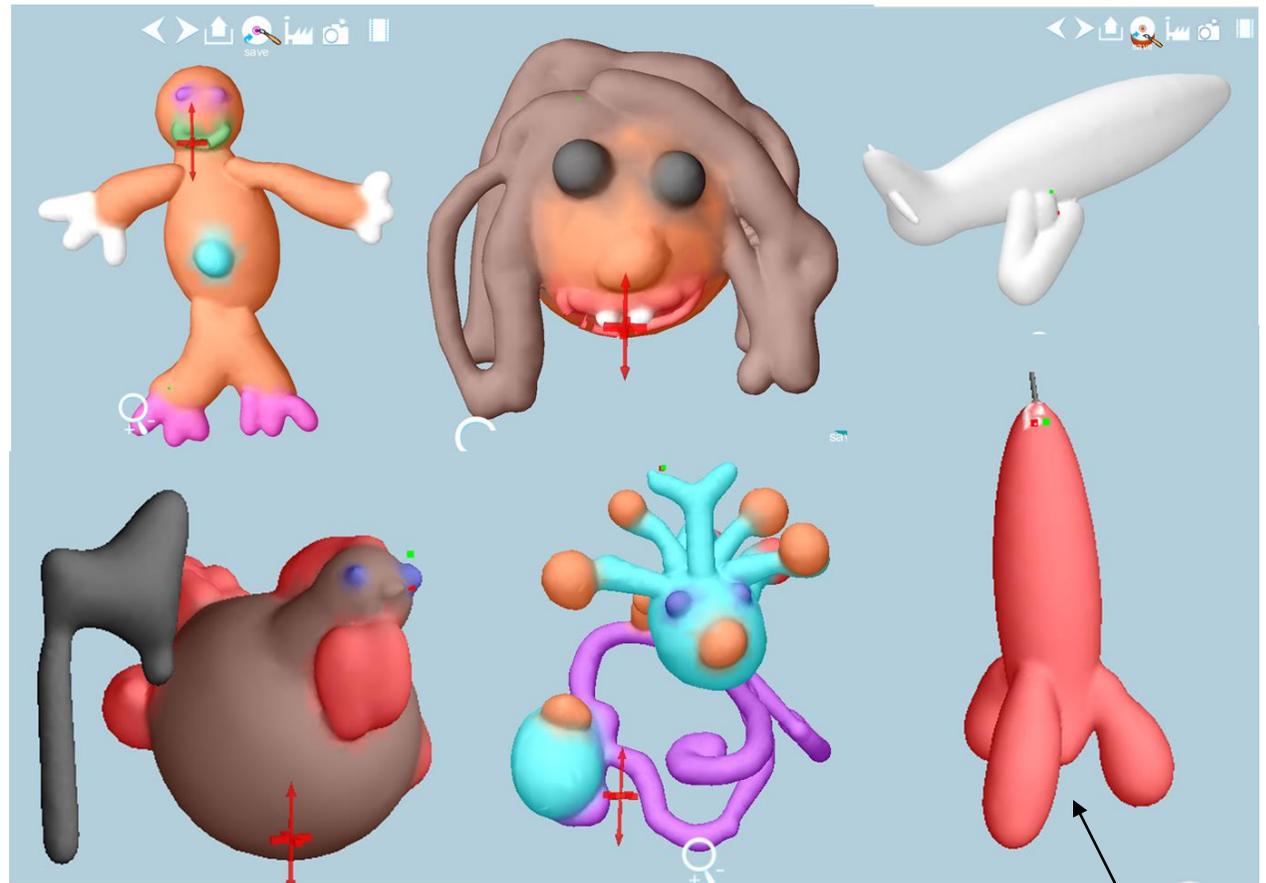
- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ ***Croquis en modélisation constructive***
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

## ***Validation par des enfants***

### **Grenoble 2009**

- Remue-méninges  
CM1 et CM2
- Village des sciences  
Classes de 6-ième

**Créée en 15 mn !**



**Fusée de Tintin!**

*La modélisation constructive peut être laborieuse...  
Parfois un seul dessin nous suffit!*



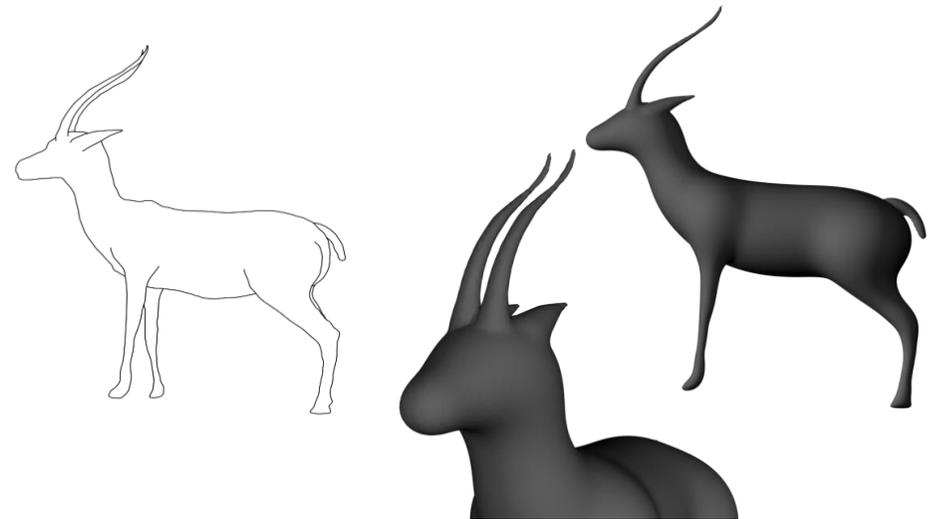
## **Formes connues**

- Nous utilisons nos connaissances
- Elles nous permettent d'inférer les informations manquantes

- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

## *Modélisation d'animaux*

**Objectifs** : Utiliser un seul dessin, de profil  
Membres en position arbitraire



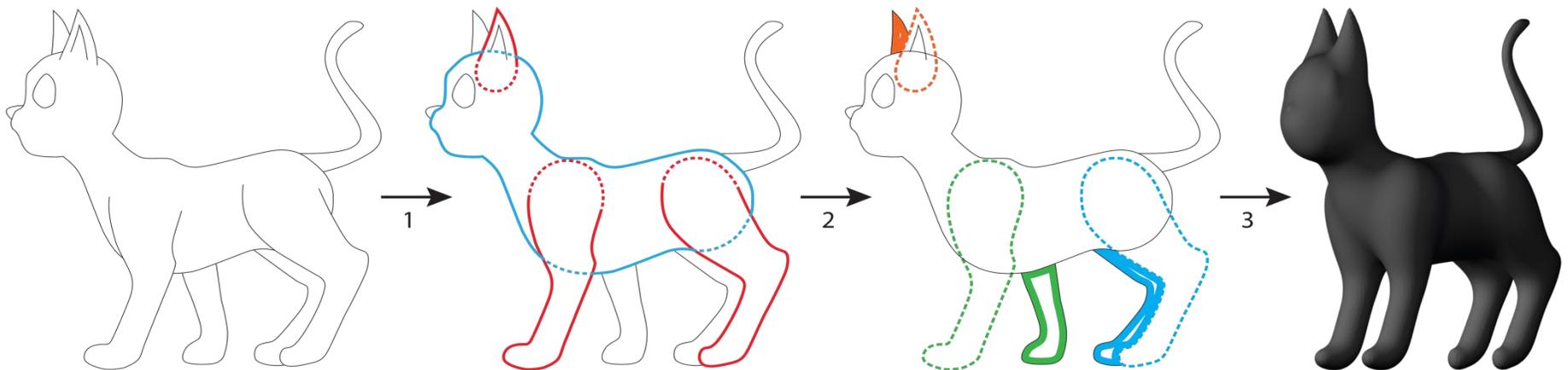
### **Connaissances**

- **Forme lisse**
- **Symétrique** par rapport au plan sagittal

- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Animaux d'après un dessin*

## *Idée de la méthode*

- 1) Identifier et fermer les parties : corps, membres, ...
- 2) Trouver les symétries et l'ordre de profondeur
- 3) Générer un modèle 3D en lançant automatiquement « Matisse »

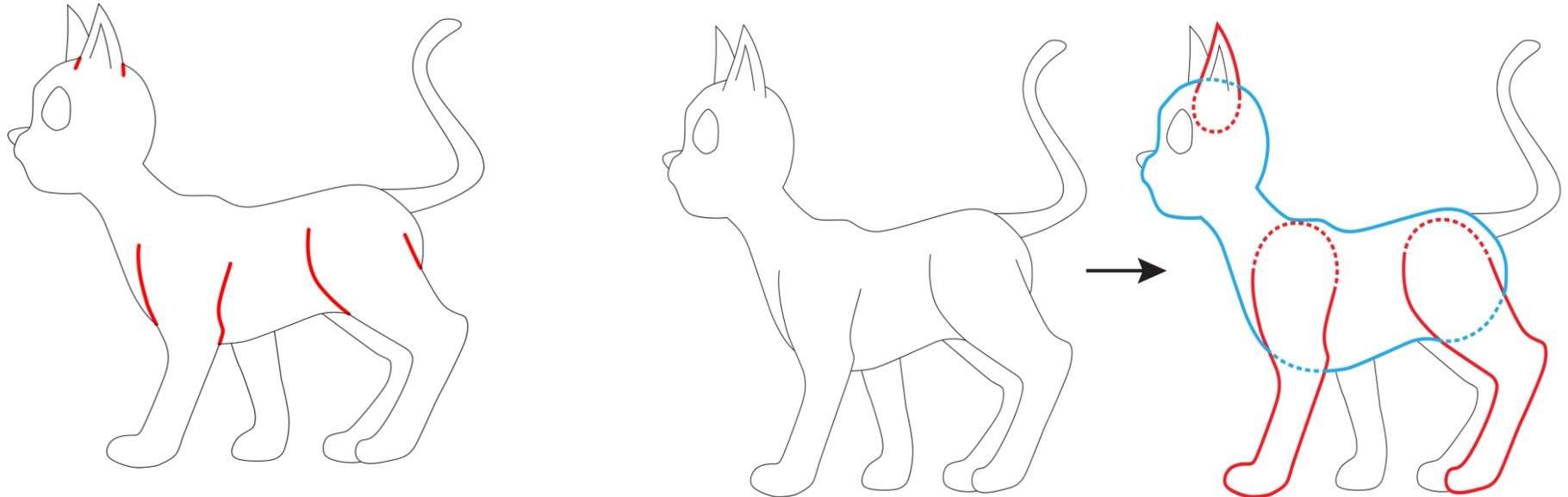


- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Animaux d'après un dessin*

# *1. Identifier et fermer les parties*

- Apparier les courbes suggestives (hypothèse : nombre pair)
- Calculer la fermeture avec le moins de variation de courbure

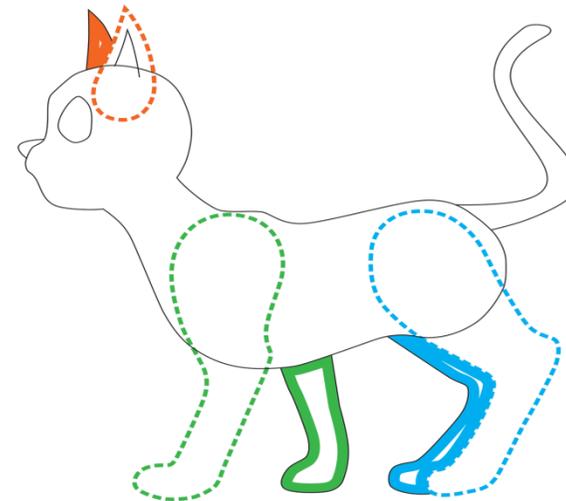
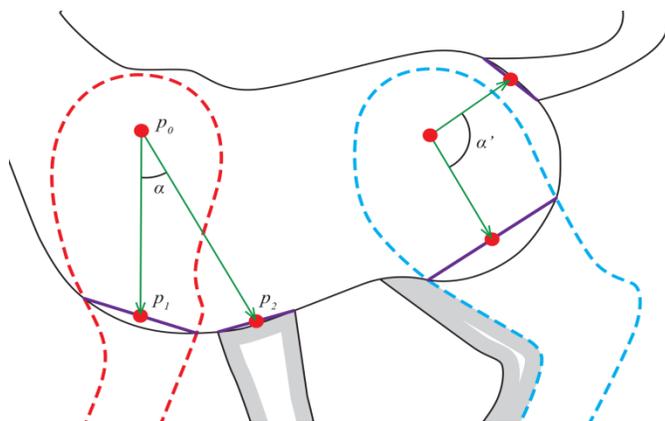
Éliminer les solutions avec intersection



- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Animaux d'après un dessin*

## 2. Détecter les symétries et ordonner

- Détection basée sur l'angle de branchement
- Eliminer les membres arrières
- Ordre de profondeur donné par les courbes suggestives  
(sur quoi sont-elles dessinées ?)

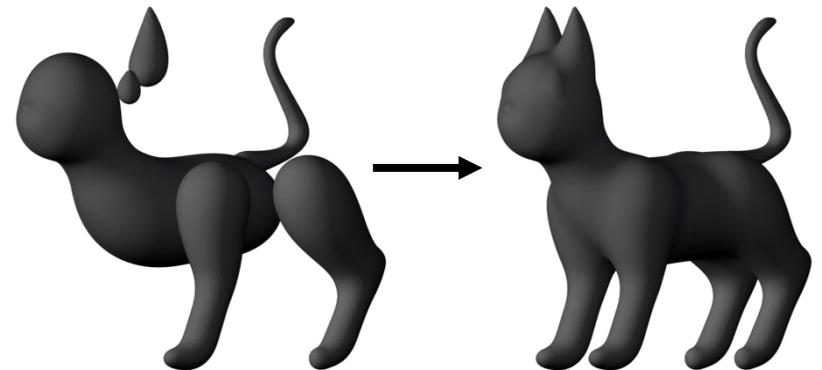
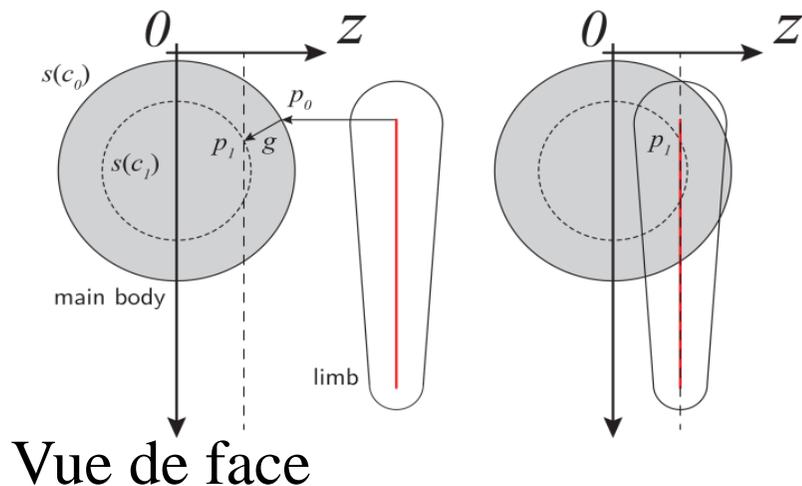
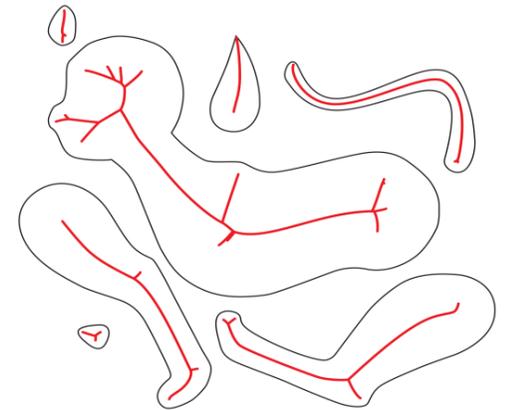


- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Animaux d'après un dessin*

## 3. Générer un modèle 3D

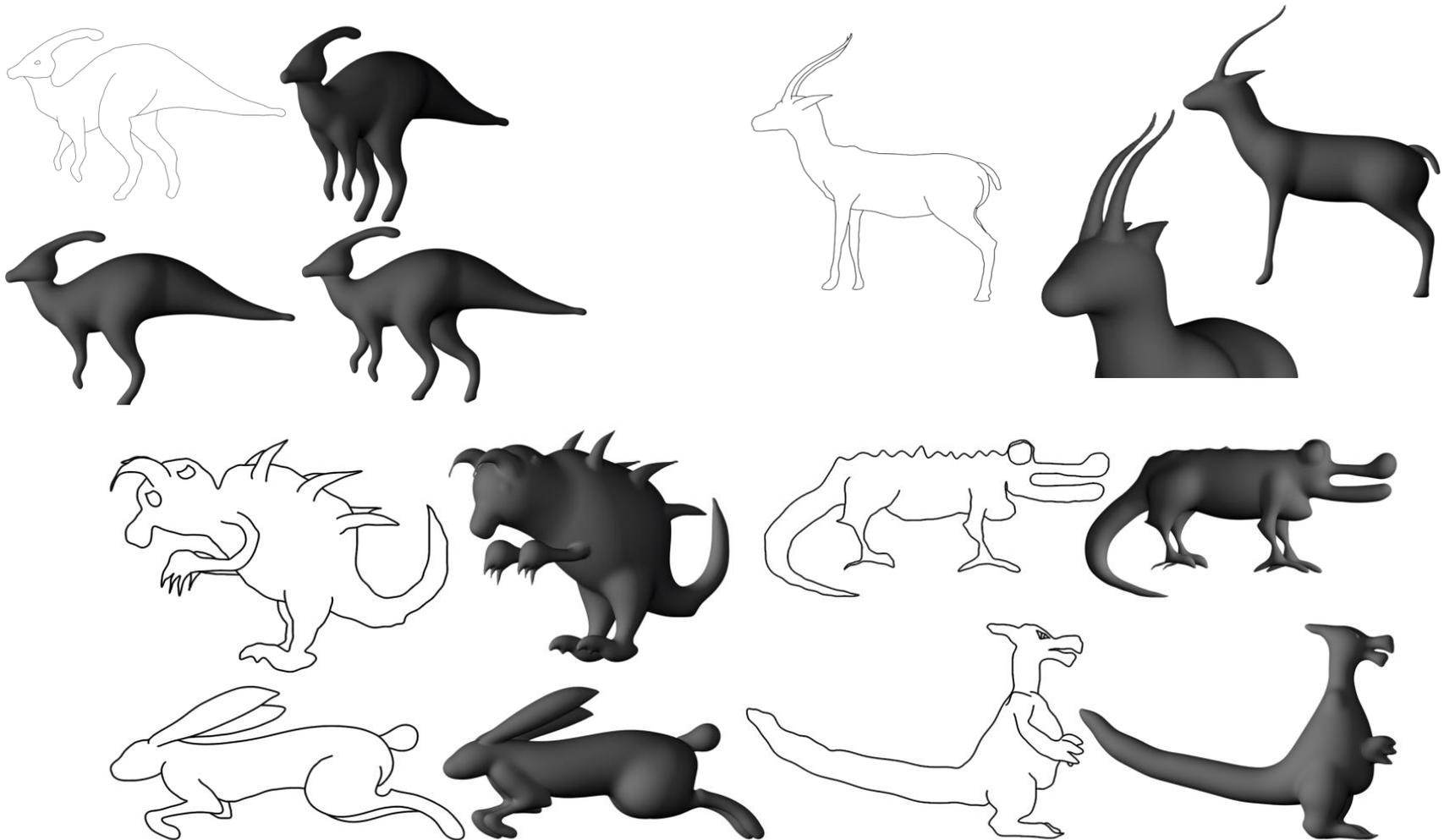
### « Matisse » en version automatique

- Squelettes des parties fermées
- Surfaces implicites SCALIS [Zanni 2013]
- Profondeur des membres : iso-valeur du support



- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ ***Animaux d'après un dessin***

## ***Résultats*** [Entem 2014]

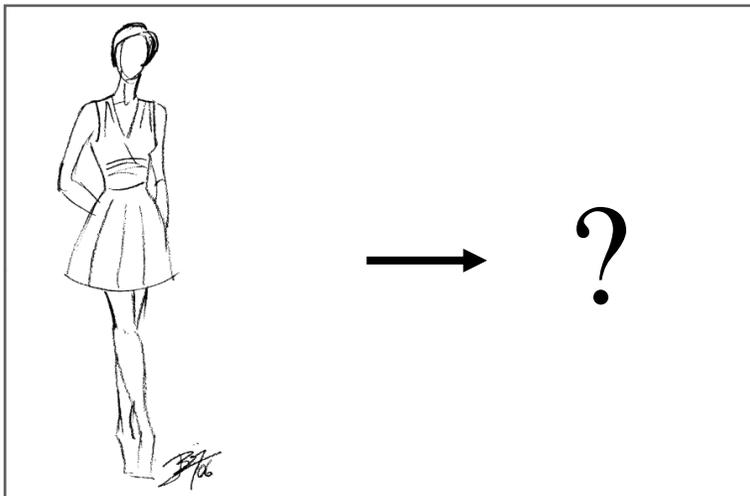
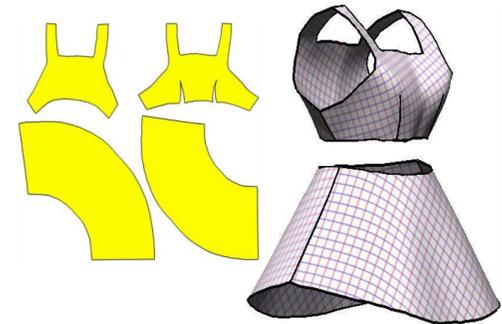


- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

# *Dessin pour la création de vêtements*

## **Difficile de vêtir un personnage virtuel !**

1. Créer les patrons (savoir-faire spécialisé)
2. Les placer et définir les coutures
3. Simuler un modèle physique (et recommencer!)



**Modèle 3D depuis un dessin ?**

**Calcul automatique du patron!**

**Difficulté : Connaissances à intégrer**

- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

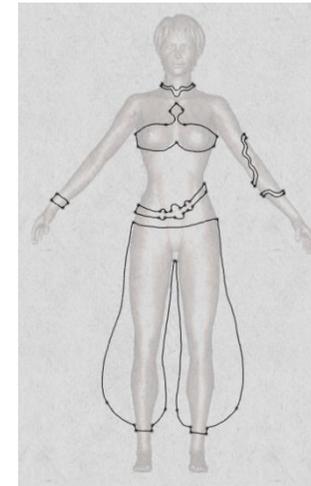
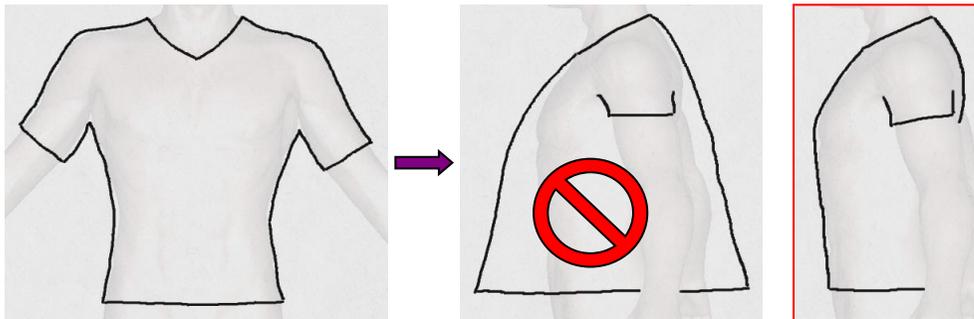
## *Dessiner "sur" le personnage 3D*

### **En 2D**

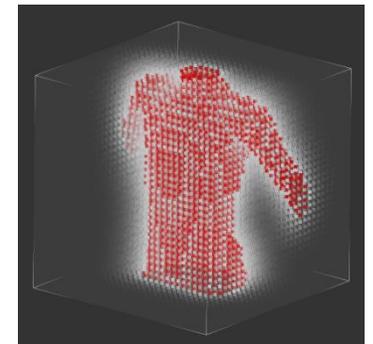
- Dessiner sur une vue de face
- Classifier les traits : Bords - Silhouettes

### **Connaissances : Idée simple**

- Aussi moulant tout autour du corps!



«Sculpter»  
dans un  
champs de  
distance!



- ✓ Dessin 3D au stade de l'ébauche
- ✓ Croquis en modélisation constructive
- ✓ **Vêtements d'après un dessin**

## Comment modéliser les plis?

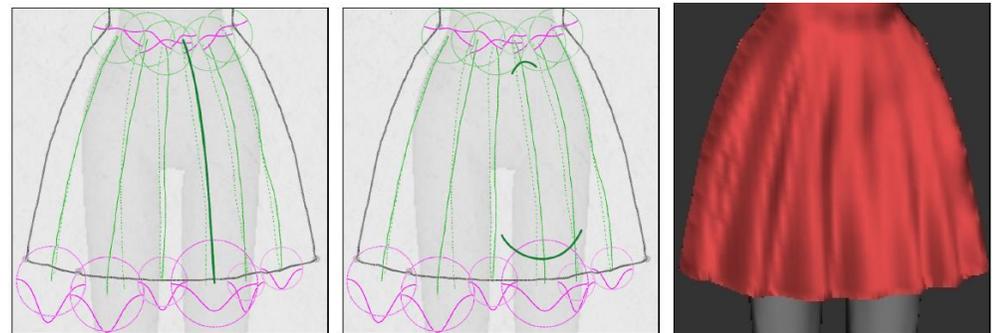
- Permettre de les dessiner?



Sans plis  
[Turquin 2004]



[Turquin 2007]



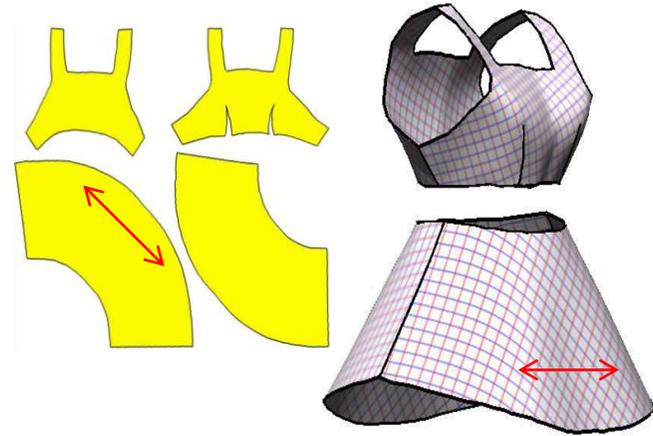
- Ou intégrer que la surface est *développable* ? Plis corrects calculés!

- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

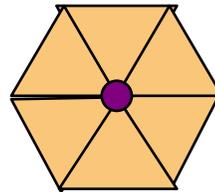
# *Surface développable?*

## *Plusieurs définitions possibles*

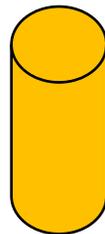
1. Isométrique à un patron 2D



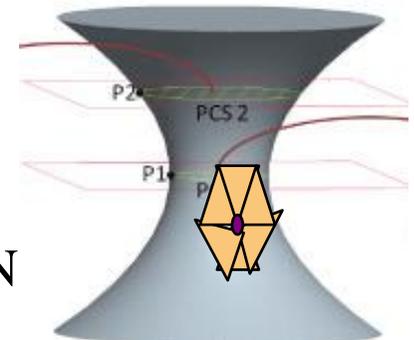
1. Somme des angles =  $2\pi$



OUI



NON



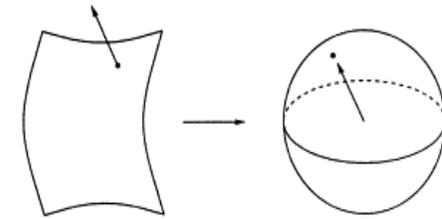
- ✓ Dessin 3D au stade de l'ébauche
- ✓ Croquis en modélisation constructive
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

## Surface développable?

# Plusieurs définitions possibles

### 3. Carte de Gauss constituée de **courbes**

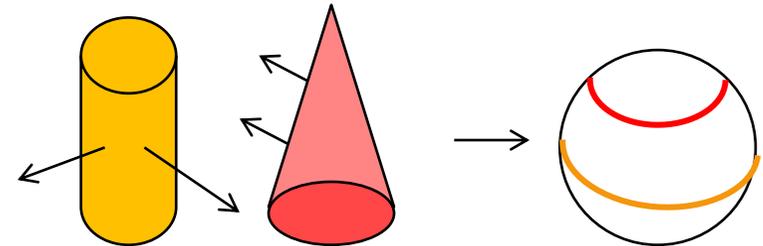
- Plan : a point!
- Cylindre, cône : un cercle



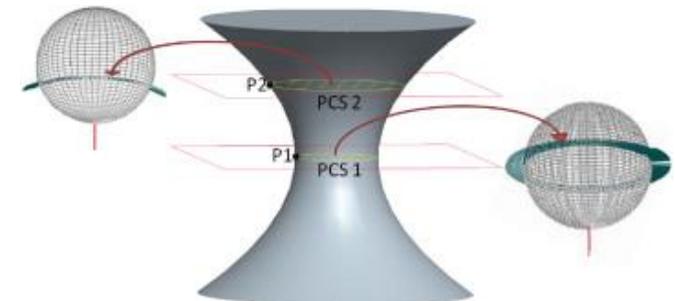
Carte de Gauss

### 4. Courbure Gaussienne nulle

$$K = K1 \cdot K2 = 0$$



### 5. Les surfaces développables lisses sont sur l'enveloppe convexe de leur bord.



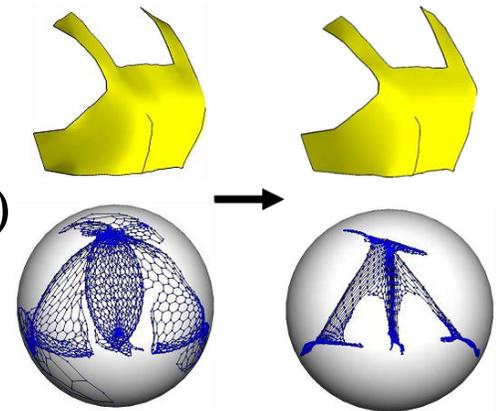
Carte de Gauss non linéique

- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

## *Surface développable par croquis*

### **Solution 1: Optimiser la développabilité**

- Initialisation : surface sans plis
- Aligner normales des triangles (carte gauss 1D)
- Recoller les triangles à orientation constante



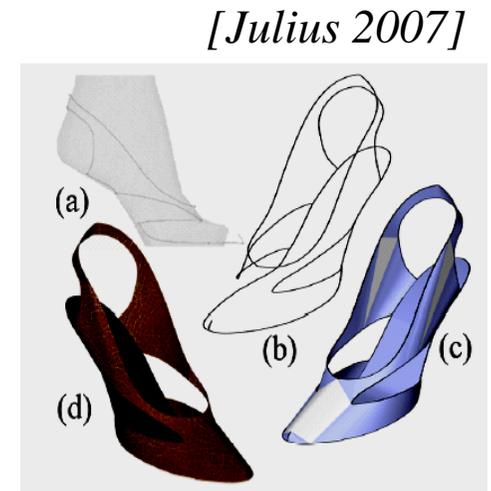
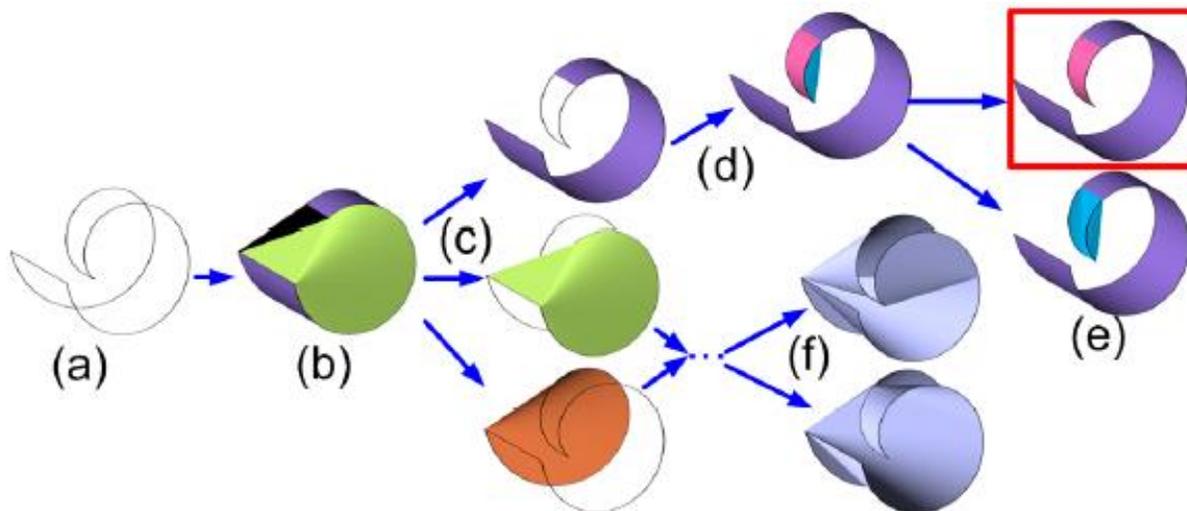
*[Decaudin 2006]*



- ✓ Dessin 3D au stade de l'ébauche
- ✓ Croquis en modélisation constructive
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

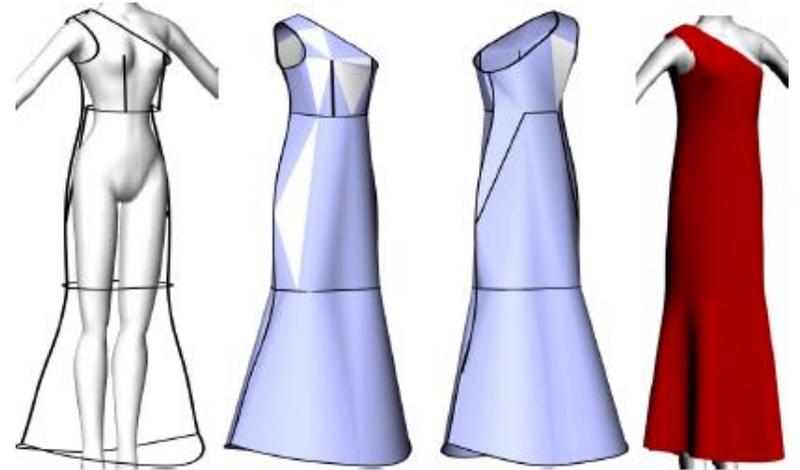
## *Surface développable par croquis*

- **Solution 2: Création directe à partir du bord en 3D**
  - Chercher une partie lisse de l'enveloppe convexe
  - La trianguler et la raffiner
  - Algorithme de séparation et évaluation (*Branch & bound*)



- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

## *Création d'une surface développable : Bilan*

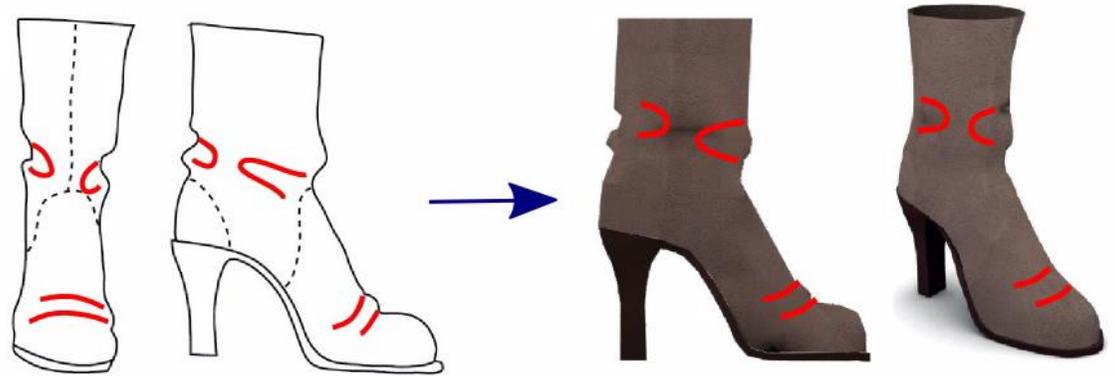


- + Calcul automatique des patrons
- + Les plis peuvent être simulés par isométrie
- *Peu intuitif de dessiner une surface « tendue »!*

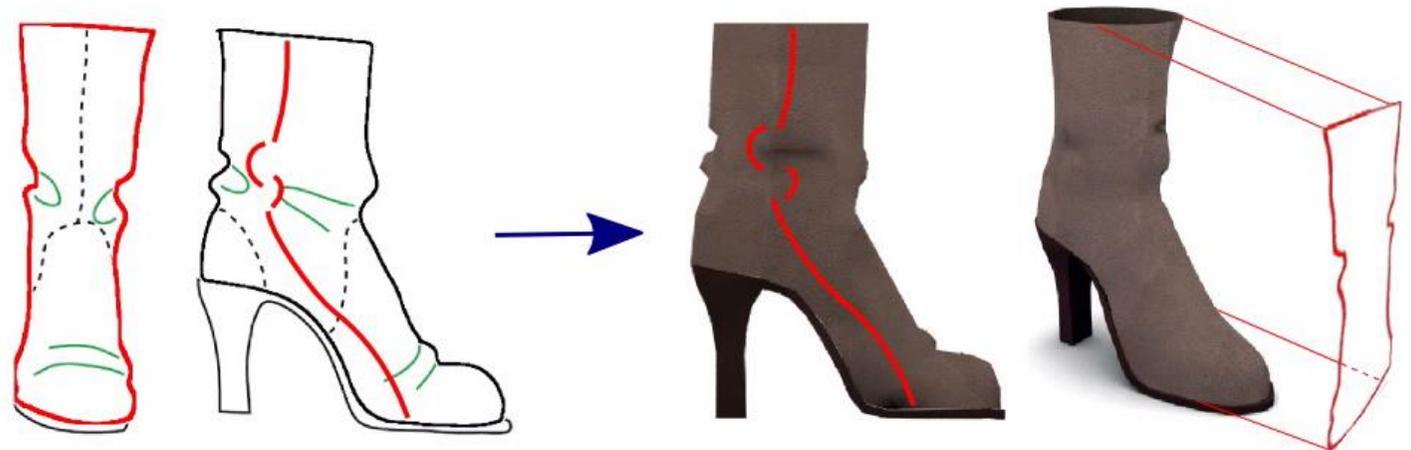
- ✓ Dessin 3D au stade de l'ébauche
- ✓ Croquis en modélisation constructive
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

## *Intégrer les plis au design?*

Dessin de silhouettes de plis

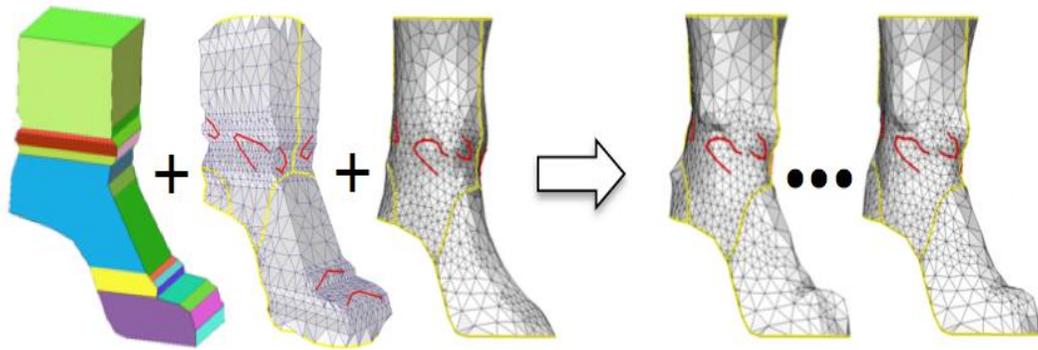


**Difficulté :** Silhouettes non planes!



- ✓ Dessin 3D au stade de l'ébauche
- ✓ Croquis en modélisation constructive
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

## « Contraintes glissantes » sur les silhouettes



En boucle :

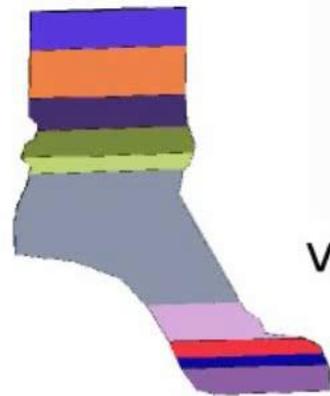
- Optimiser développabilité
- Ajuster au dessin

[Jung 2015]

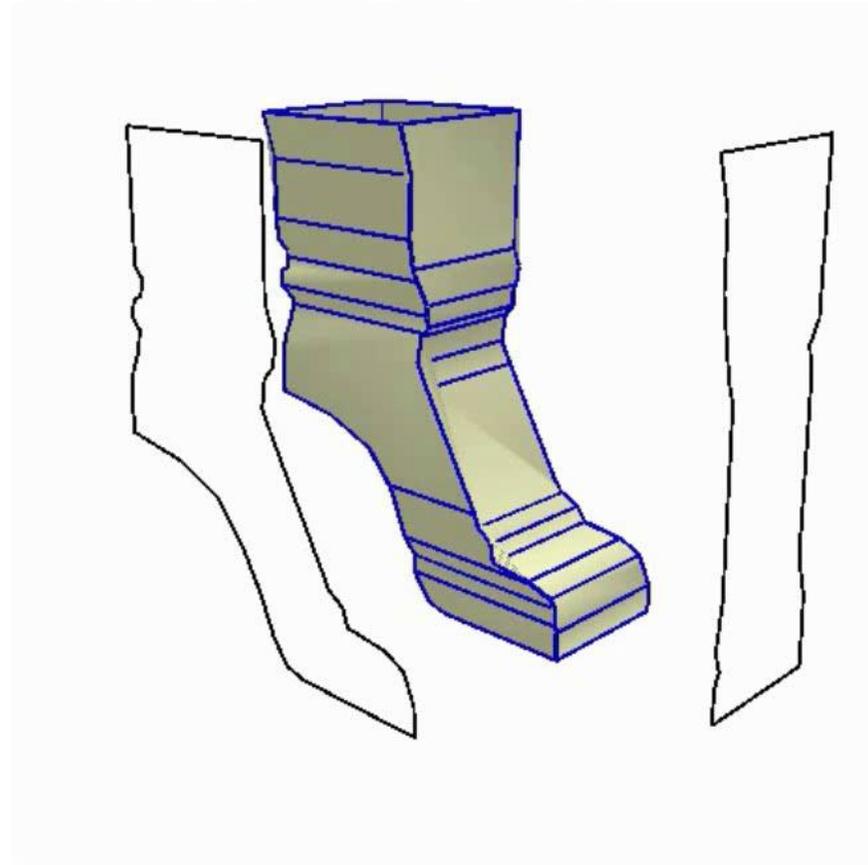


# Initialization

Visual hull from silhouettes



view y

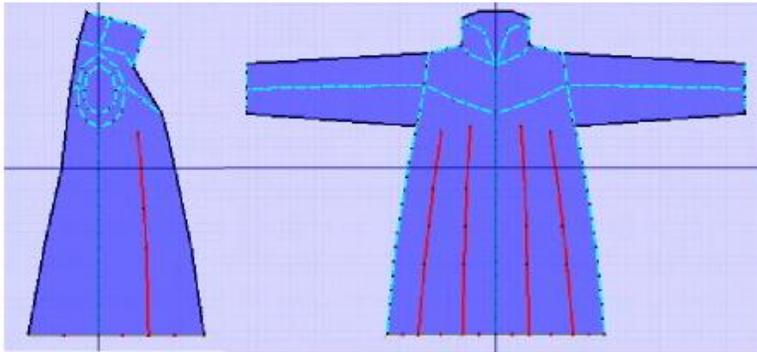


view x

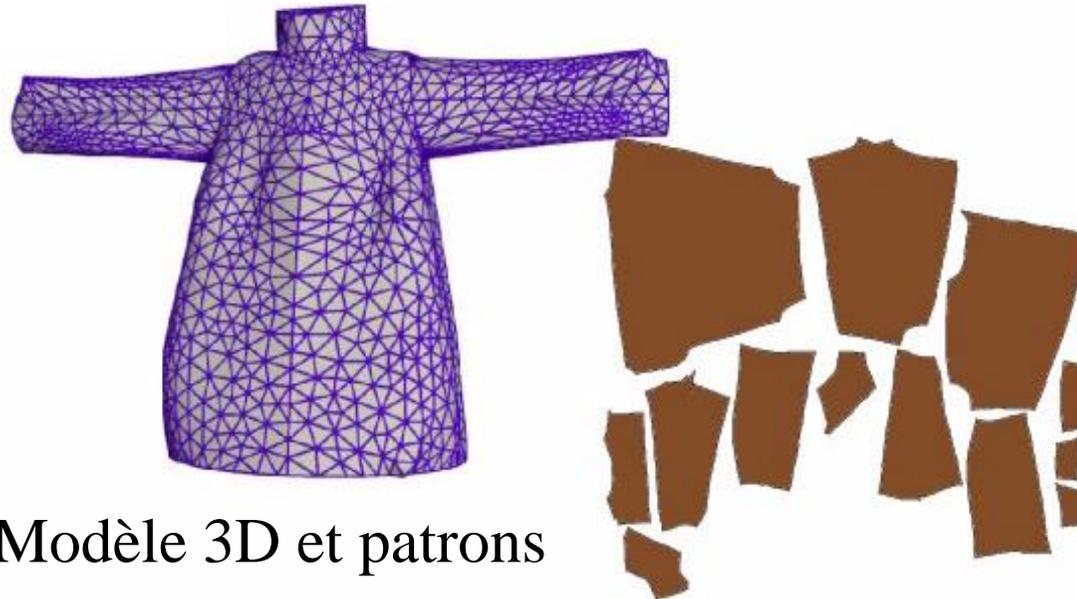


- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

## *Résultats*



Donnée utilisateur

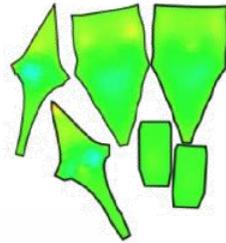
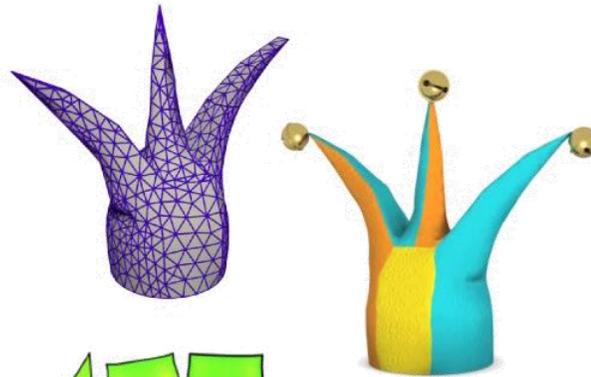
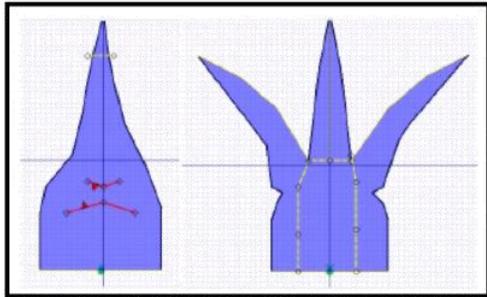


Modèle 3D et patrons



- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

# Résultats



# *Conclusion : Dessiner pour créer en 3D*

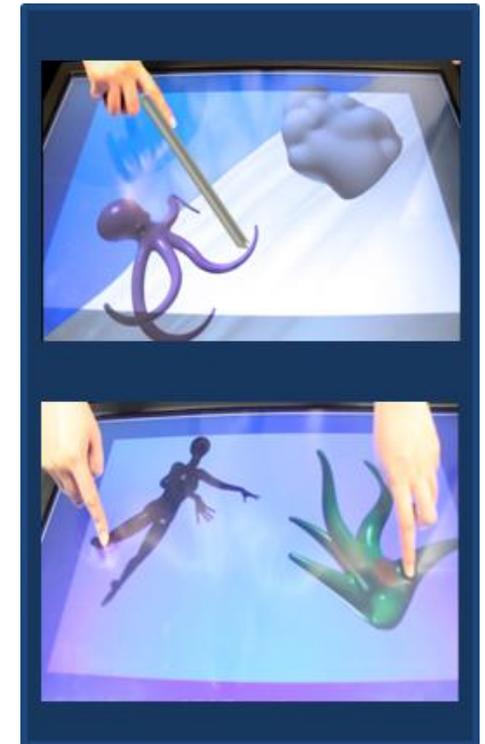
- Facile et rapide
- Intégrer des connaissances aux modèles
- Ajuster le résultat par déformation

**Futur** : Tables tactiles mixtes

Dessin + déformations tactiles

Séminaire d'Adrien Bousseau

« Interprétation de croquis pour le design »



# *Bibliographie*

- Bourguignon ,Cani, Drettakis (2001). Drawing for illustration and annotation in 3D. Computer Graphics Forum, 20 (Eurographics 01)
- Igarashi, Matsuoka, Tanak (1999). Teddy: a sketching interface for 3D freeform design. Siggraph.
- Bernhardt, Pihuit, Cani, Barthe (2008). Matisse : Painting 2d regions or modeling free-form shapes. Sketch-Based Interfaces and Modeling 2008.
- Zanni, Bernhardt, Quiblier, Cani (2013). SCALE-invariant Integral Surfaces Computer Graphics Forum, Wiley-Blackwell, 32 (8).
- Turquin, Wither, BoissieuxCani, Hughes (2007). A sketch-based interface for clothing virtual characters. IEEE Computer Graphics & Applications, 27.
- Decaudin, Julius, Cani, Sheffer (2006). Virtual garments: a fully geometric approach to clothing design. Computer Graphic forum (Eurographics 2006).
- Julius, Sheffer, Cani (2007). Developpable surfaces from arbitrary sketched boundaries. Symposium on Geometry Processign, SGP 2007.
- Jung, Hahmann, Rohmer, Cani (2015). Sketching folds. To be published.