



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

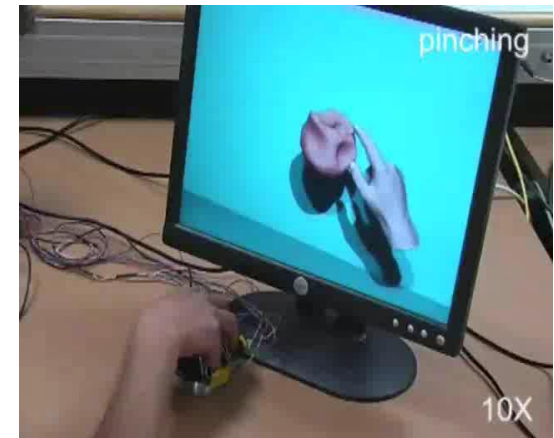
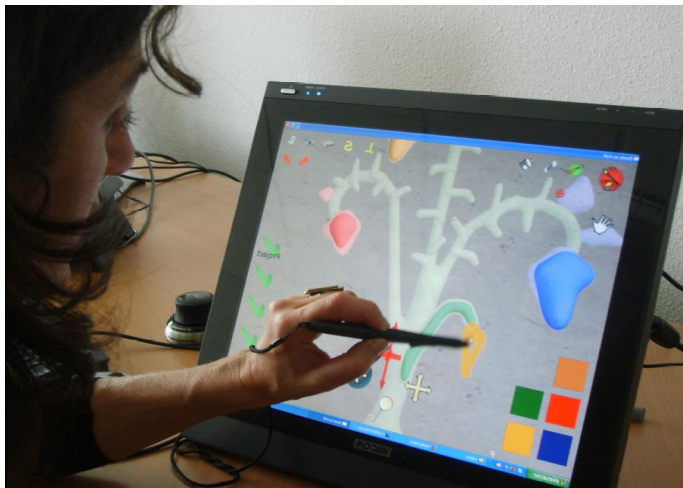
- Création intuitive des éléments d'un paysage
- Animation efficace de phénomènes naturels : des détails qui s'adaptent
- Humains et créatures virtuelles : animation par habillages successifs
- Vers une animation expressive – marier réalisme et contrôle ?

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

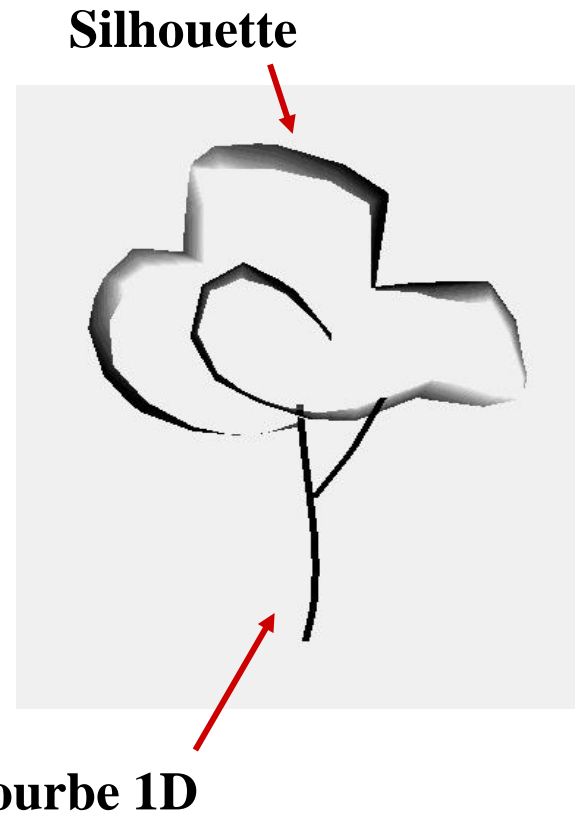
Une solution : modéliser l'incertitude

Pour déformer les silhouettes

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

Dessin itératif

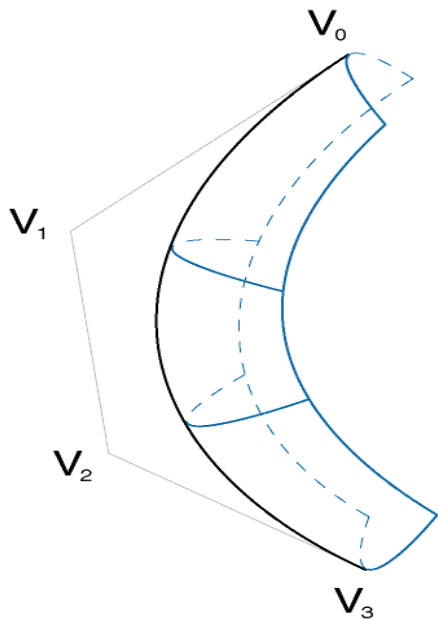
- Choix d'un plan de dessin
Mouvement caméra + profondeur
- Crayons différents
« *silhouette* » / « *courbe 1D* »



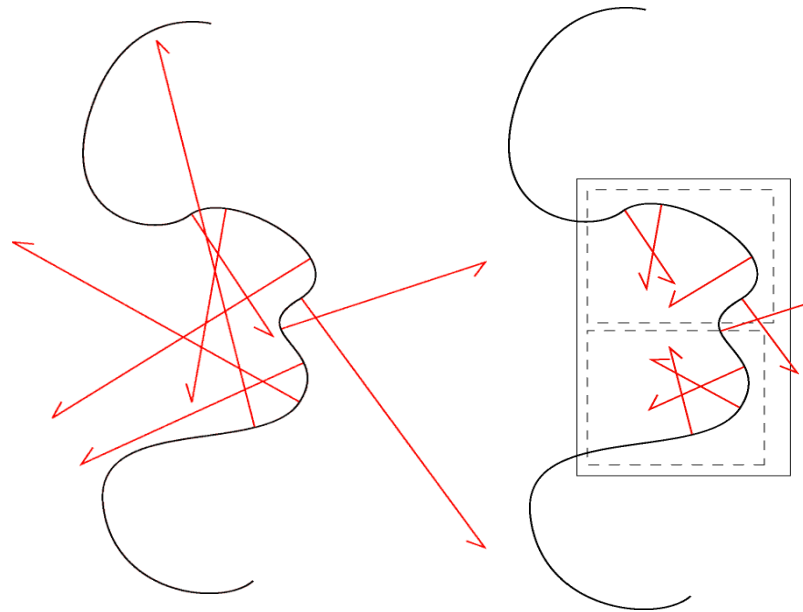
- ✓ **Dessin 3D au stade de l'ébauche**
- ✓ Croquis pour la modélisation constructive
- ✓ Formes complexes d'après un dessin

Inférer une surface locale

Idée : surface tubulaire s'appuyant sur la silhouette

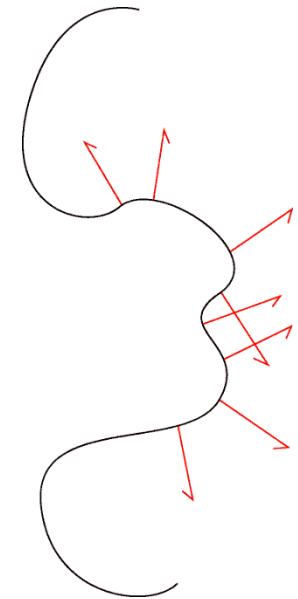


Modélisation par spline



Vecteur normaux

Réduction



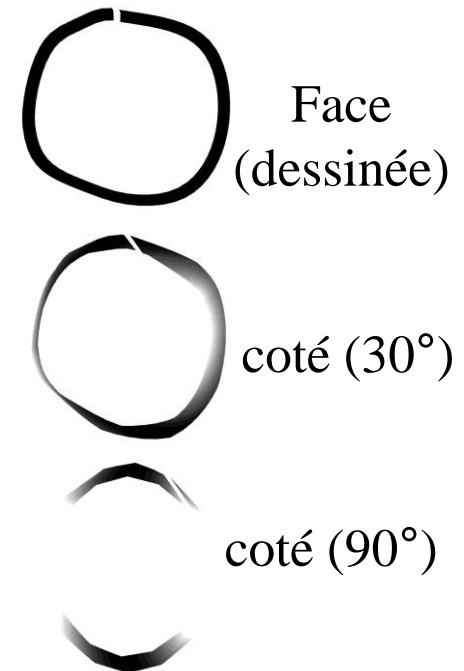
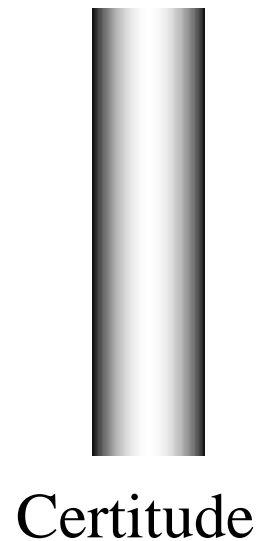
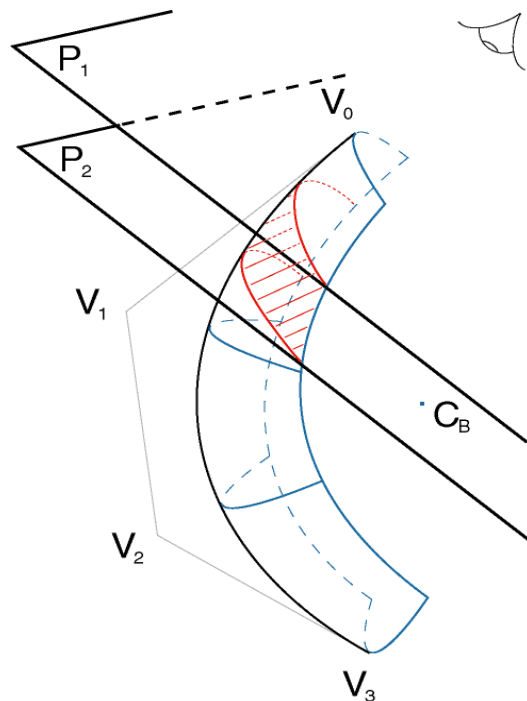
Orientation

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

Affichage des silhouettes

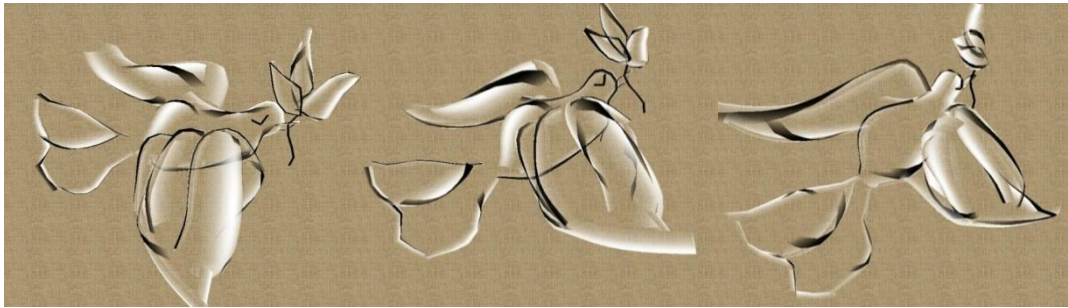
Approximation par une section entre deux plans

Textures semi-transparentes pour rendre l'incertitude



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

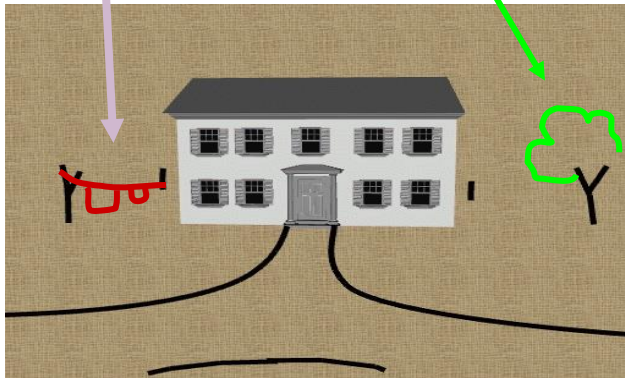
Résultats : illustrations et annotations



[Bourguignon 2001]

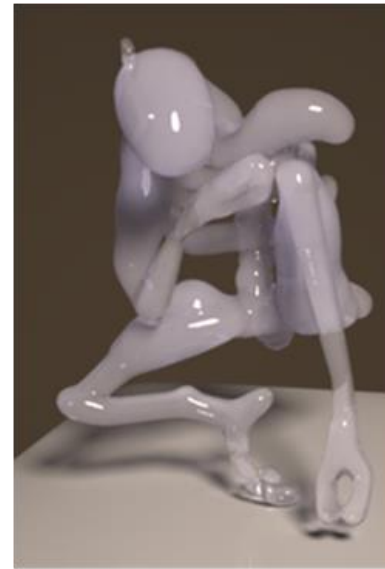
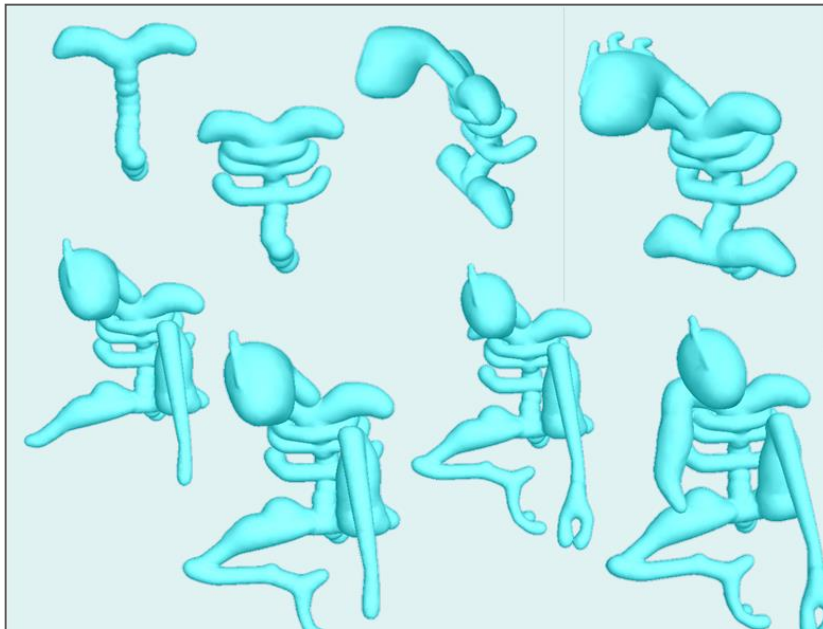


Plan de dessin automatique



Aller vers la construction d'une forme?

Modélisation constructive [créer, assembler, déformer]



Assemblage de 24 parties

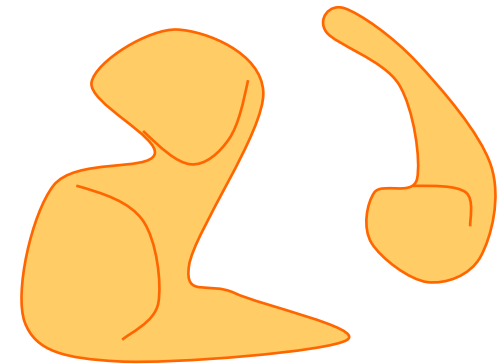
→ *Peut-on dessiner pour construire ces parties?*

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*

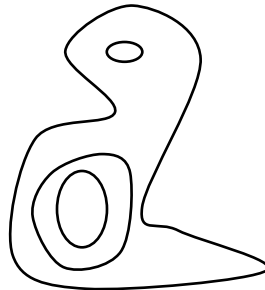
Faut-il dessiner ou peindre?

Dessin d'un contour fermé

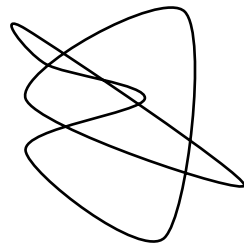


Dessin
brut

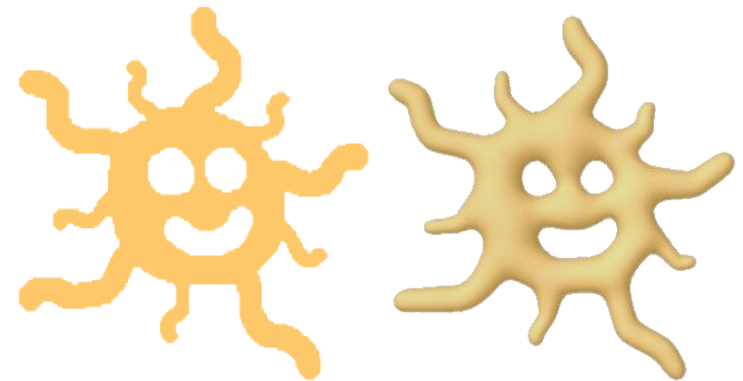
Dessin
vectoriel



- Comment modéliser les trous?
- Validité à vérifier!



Peindre des régions



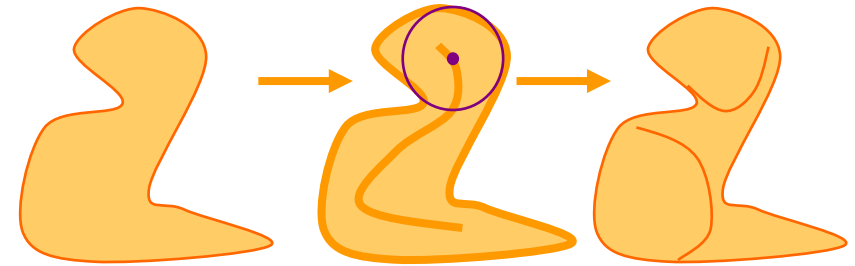
- Toujours valide
- Tout genre topologique!

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

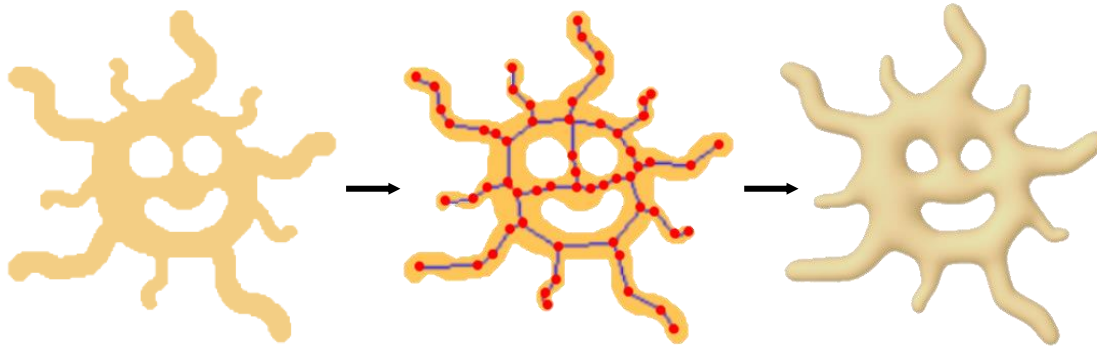
Créer une nouvelle partie

Forme la plus simple?

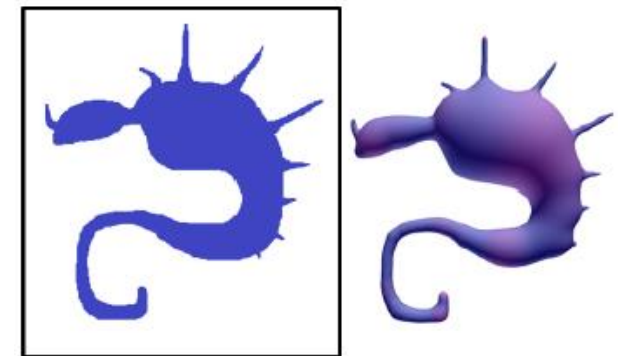
- Symétrie autour d'un squelette
- Calcul par *axe médian*



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*

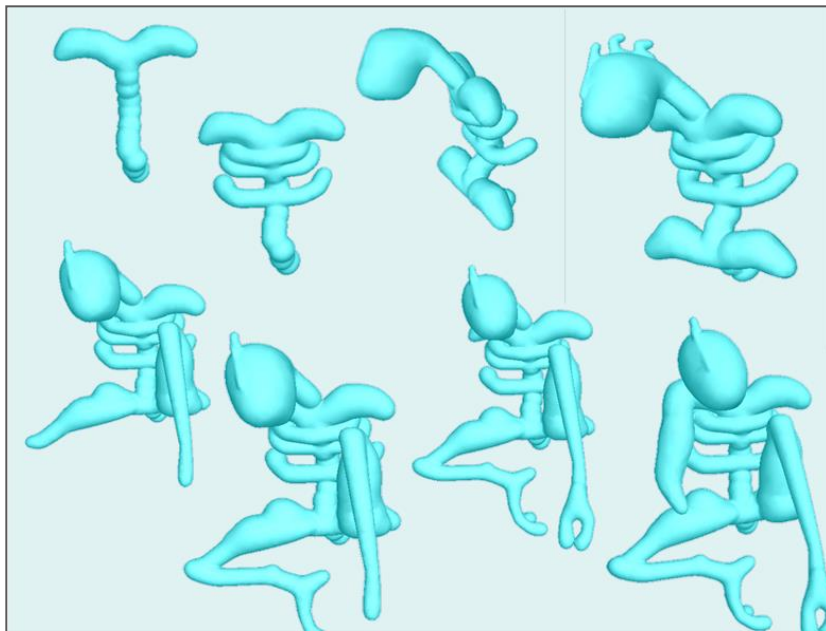
Résultats



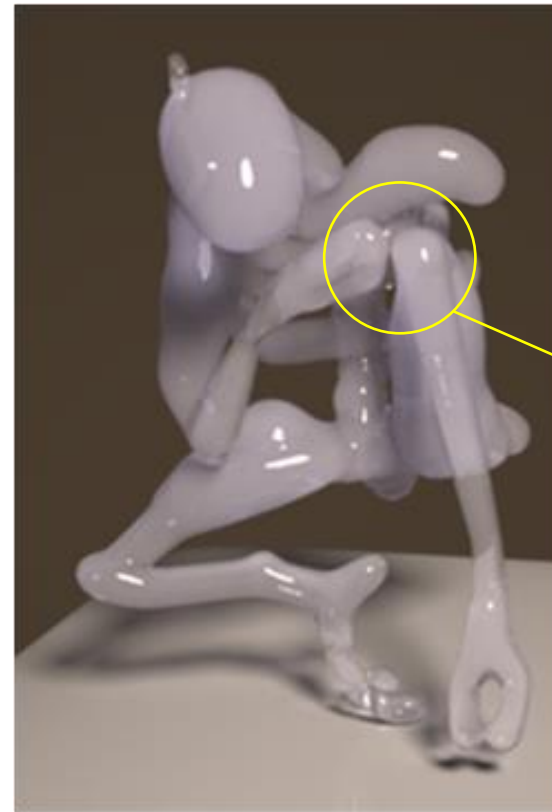
[Bernhardt 2008]

- ✓ *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!

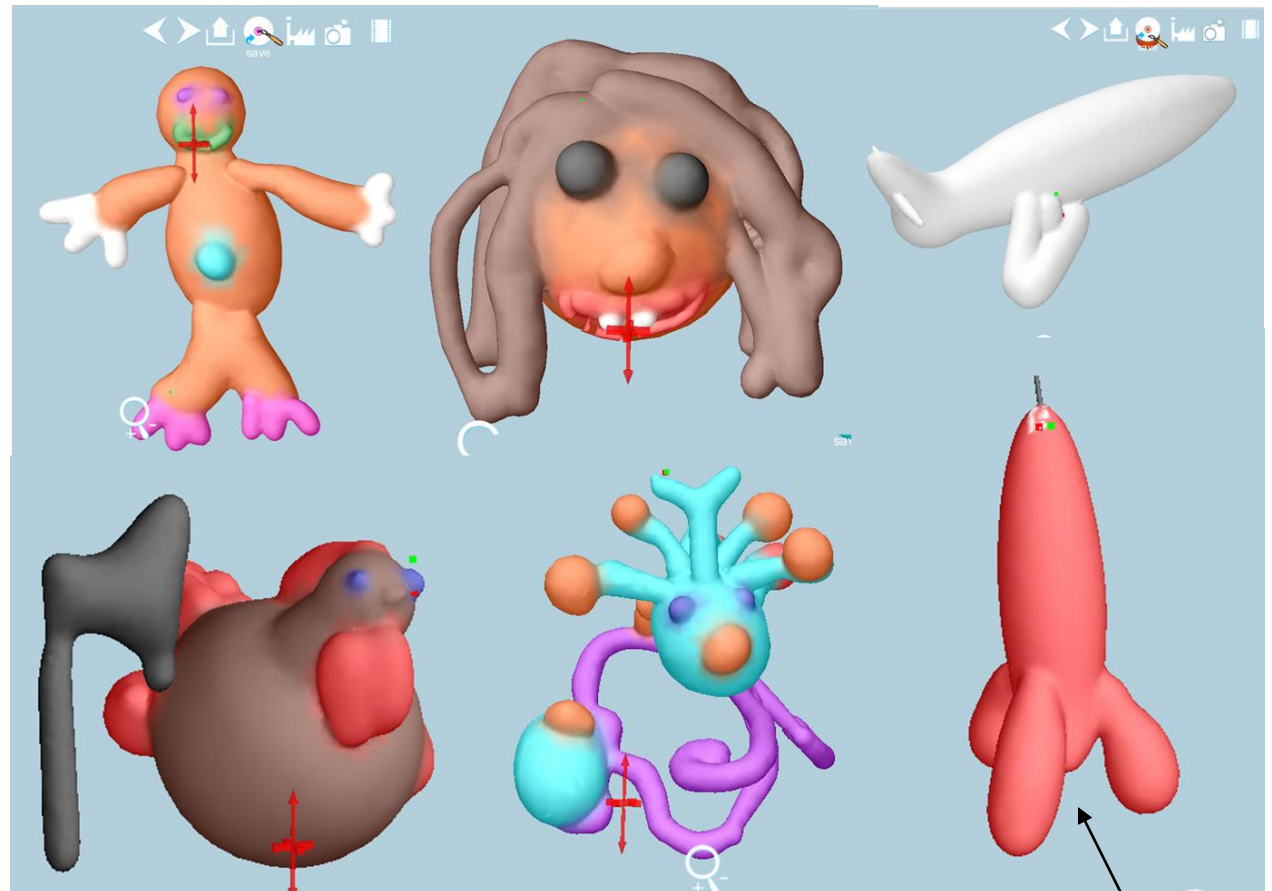
- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ ***Croquis en modélisation constructive***
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

Validation par des enfants

Grenoble 2009

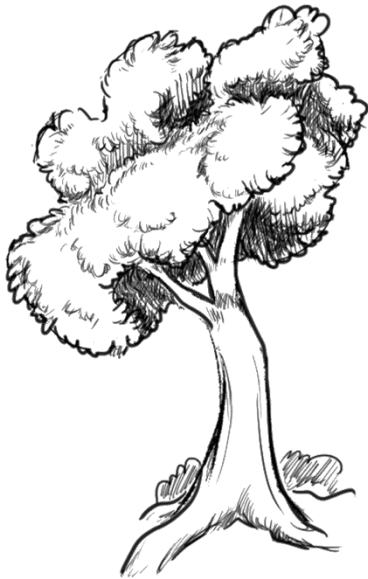
- Remue-méninges
CM1 et CM2
- Village des sciences
Classes de 6-ième

Créée en 15 mn !



Fusée de Tintin!

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



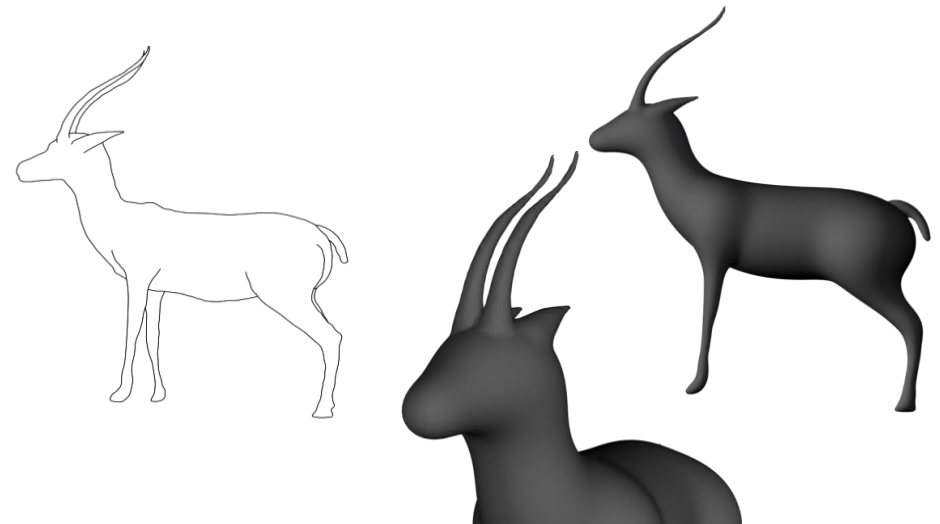
Formes connues

- 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



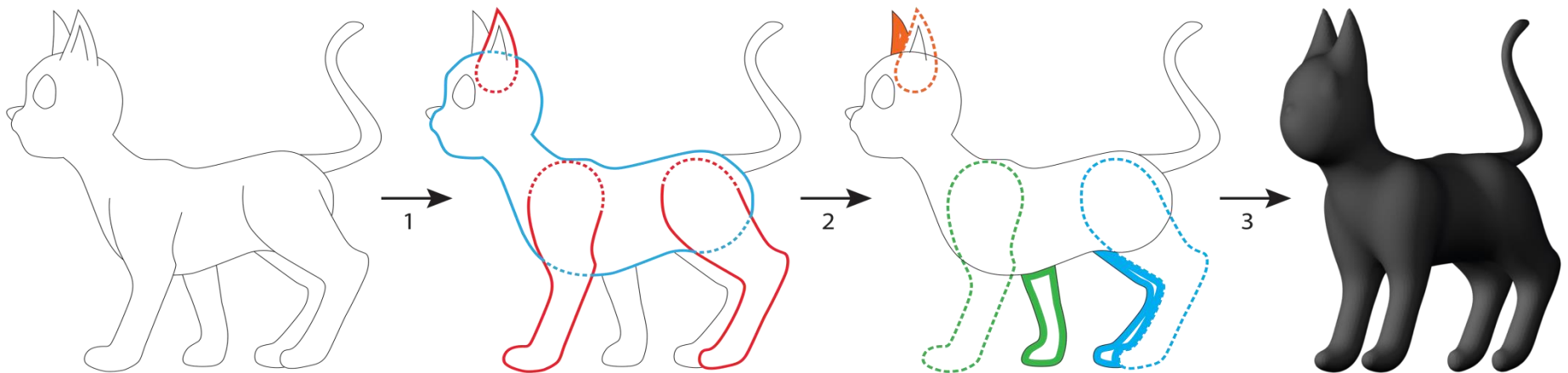
Connaissances

- **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 »

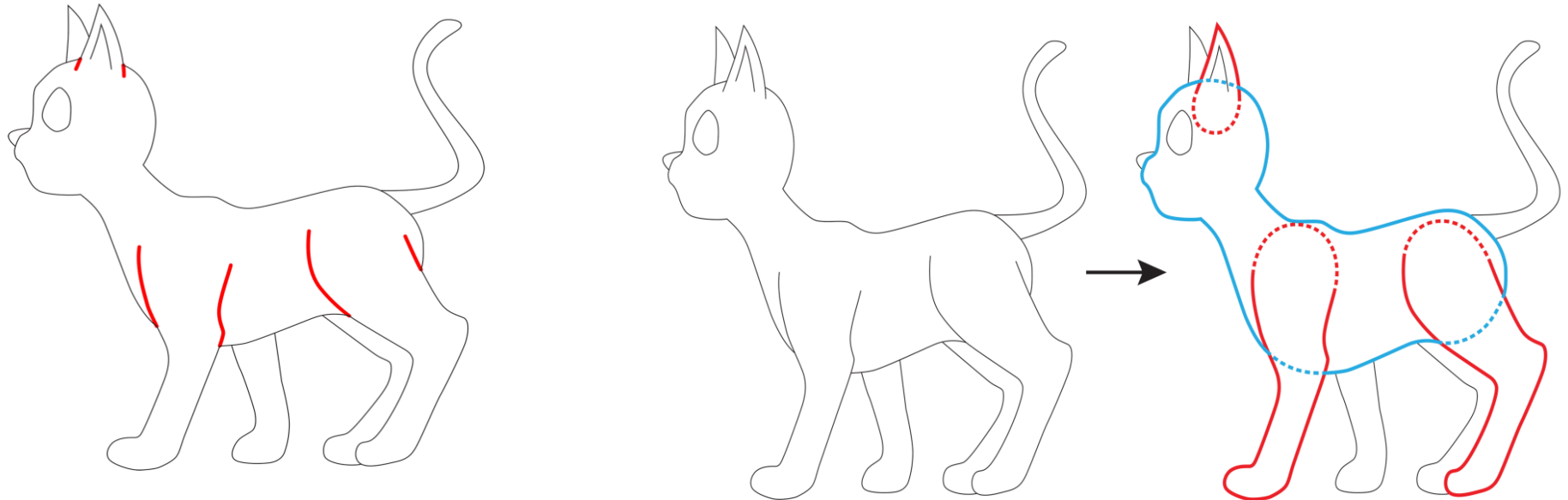


- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Animaux d'après un dessin*

1. Identifier et fermer les parties

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

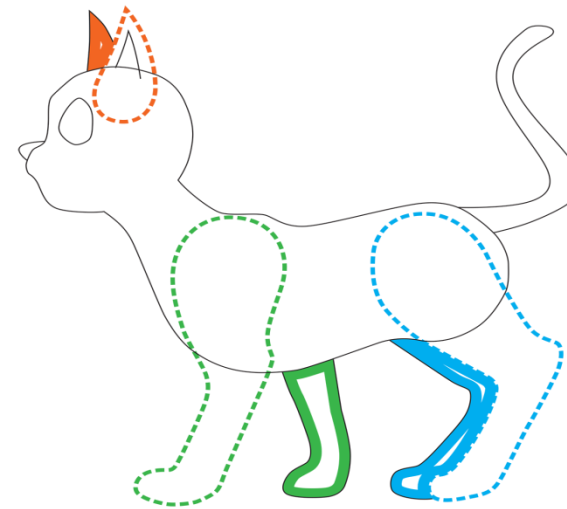
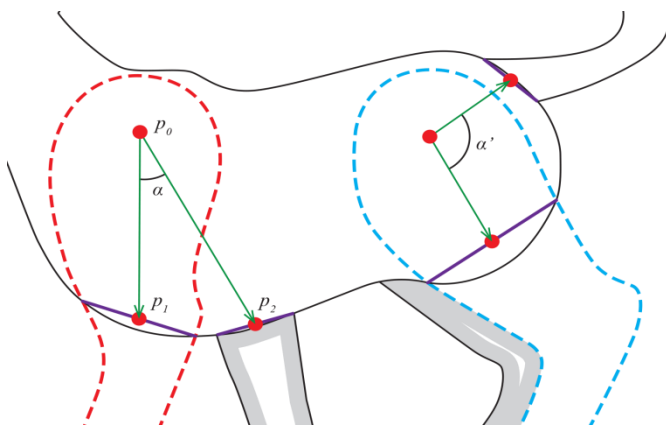
Éliminer les solutions avec intersection



- ✓ *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 ?)

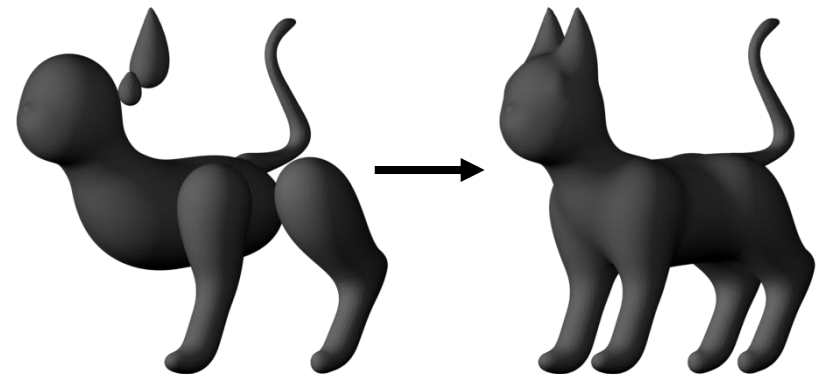
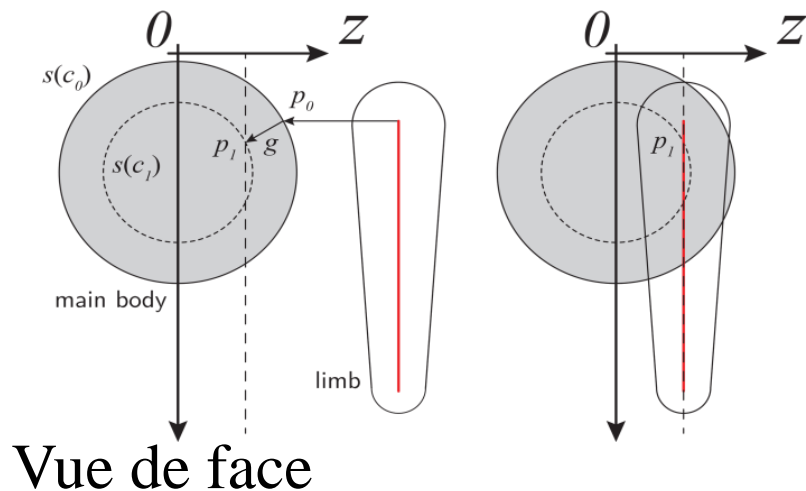
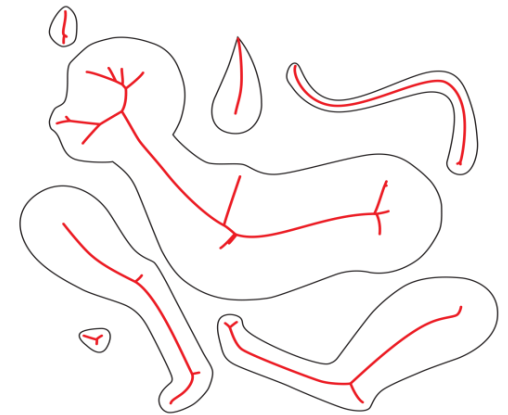


- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Animaux d'après un dessin*

3. Générer un modèle 3D

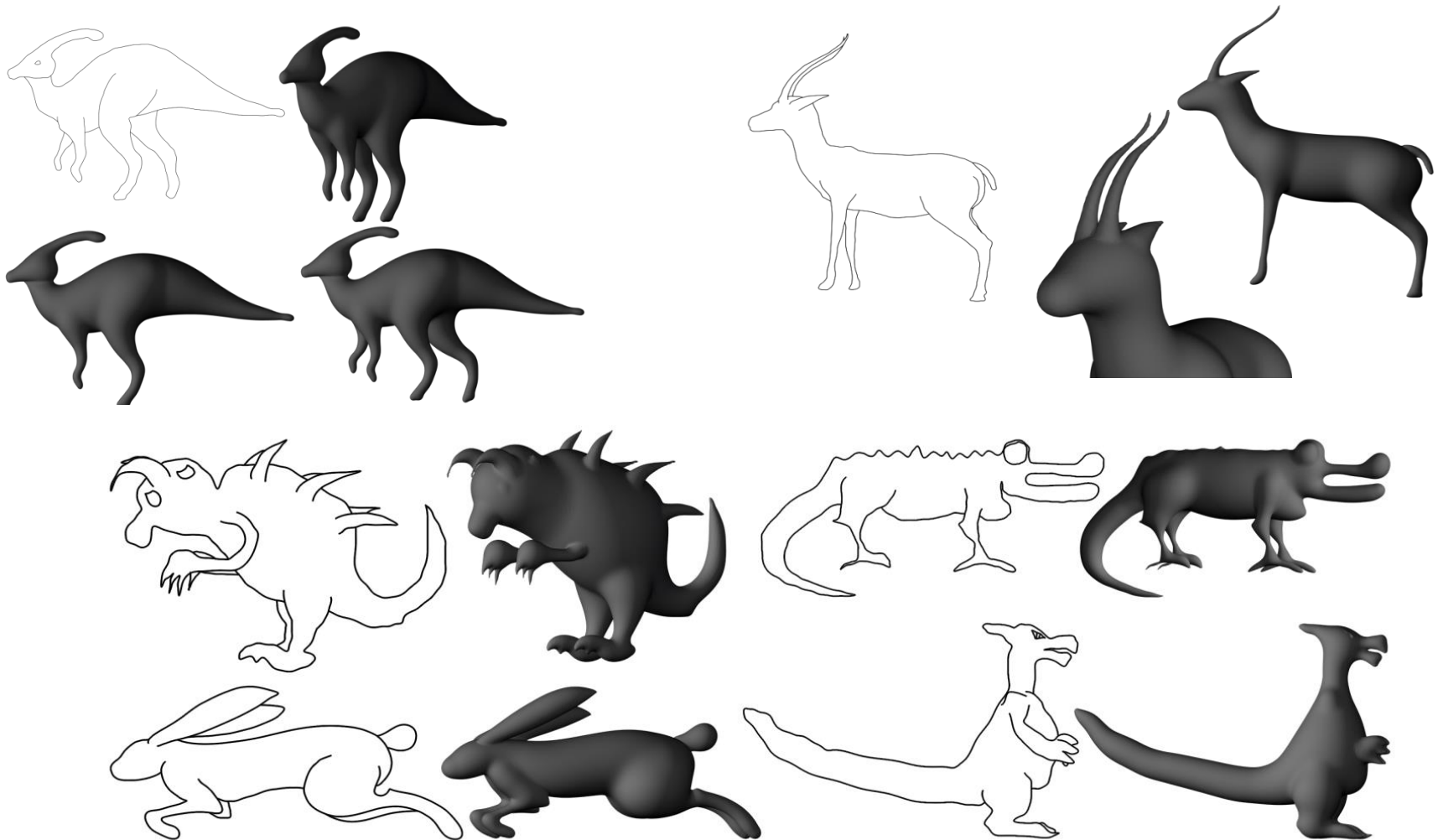
« Matisse » en version automatique

- 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]

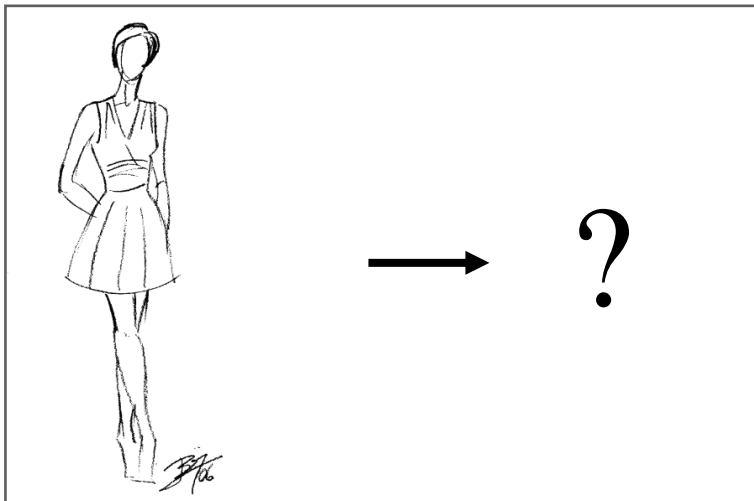
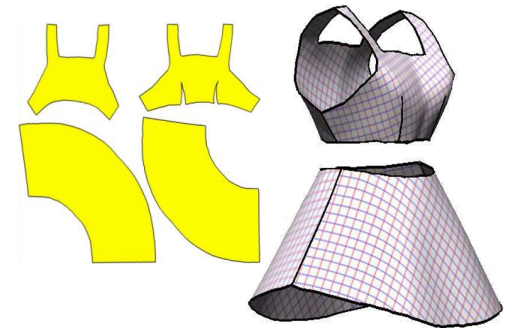


- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Formes complexes d'après un dessin*

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*

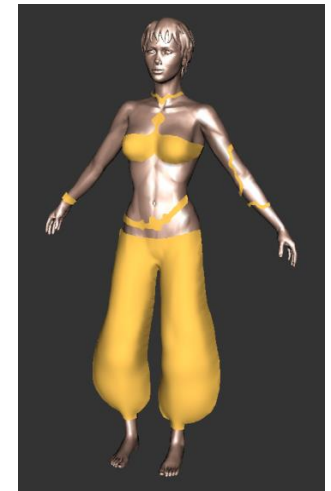
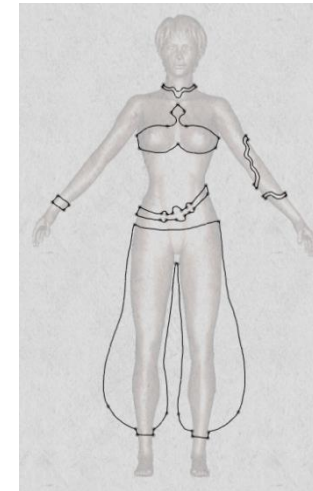
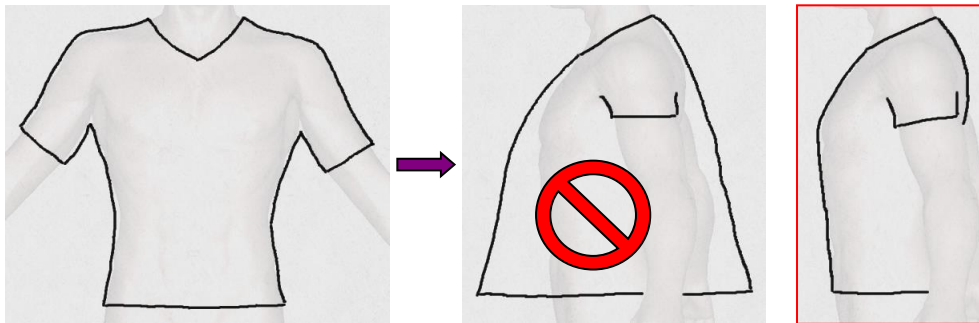
Dessiner "sur" le personnage 3D

En 2D

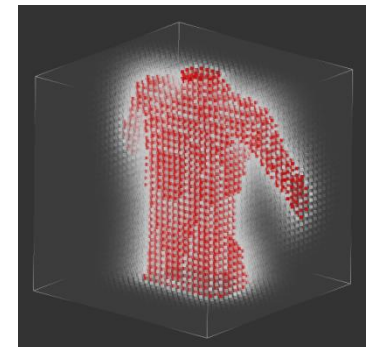
- Dessiner sur une vue de face
- Classifier les traits : Bords - Silhouettes

Connaissances : Idée simple

- Aussi moulant tout autour du corps!



«Sculpter»
dans un
champs de
distance!



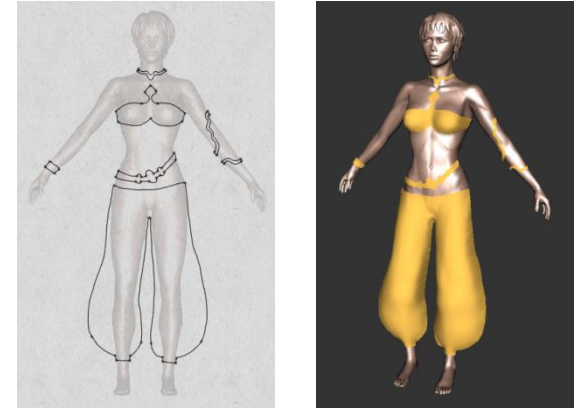
- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

Comment modéliser les plis?

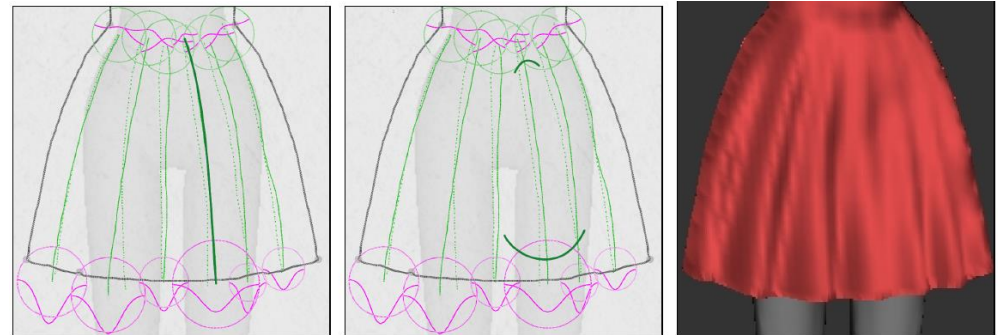
- Permettre de les dessiner?



Sans plis
[Turquin 2004]



[Turquin 2007]



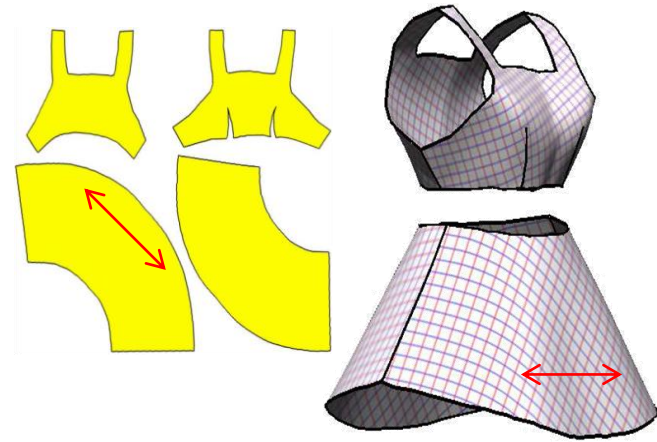
- Ou intégrer que la surface est *développable* ? Plis corrects calculés!

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

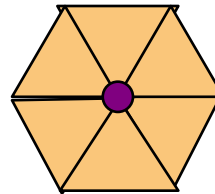
Surface développable?

Plusieurs définitions possibles

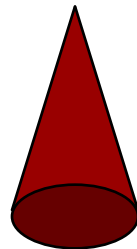
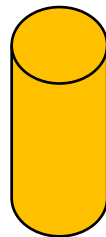
1. Isométrique à un patron 2D



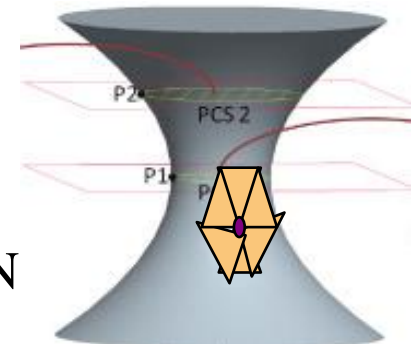
1. Somme des angles = 2π



OUI



NON



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

Surface développable?

Plusieurs définitions possibles

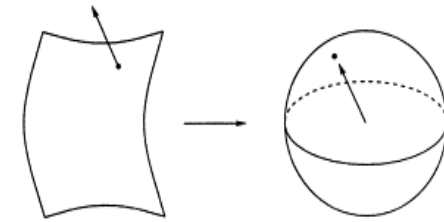
3. Carte de Gauss constituée de **courbes**

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

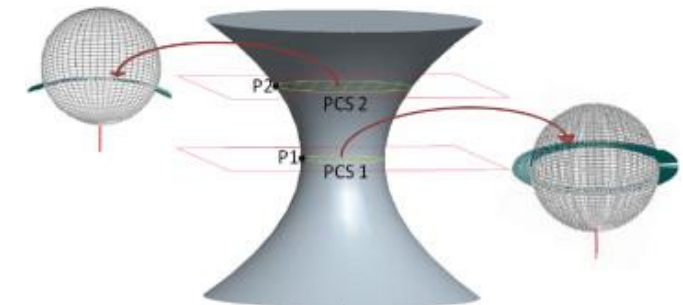
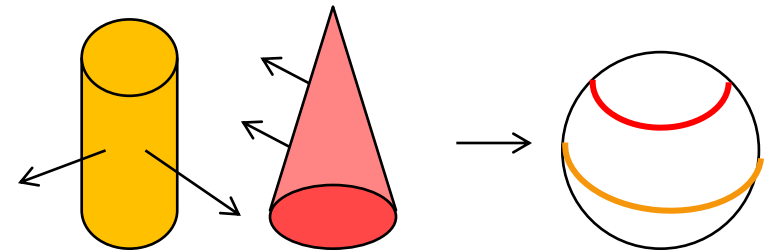
4. Courbure Gaussienne nulle

$$K = K1. K2 = 0$$

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



Carte de Gauss



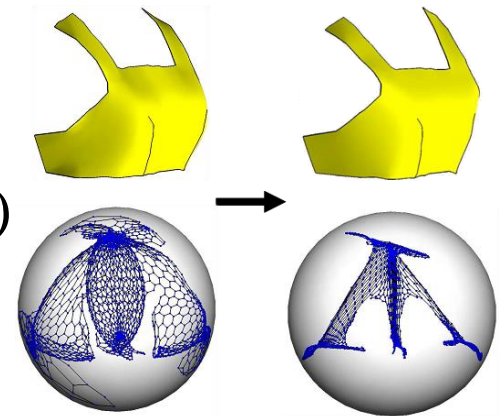
Carte de Gauss non linéique

- ✓ *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



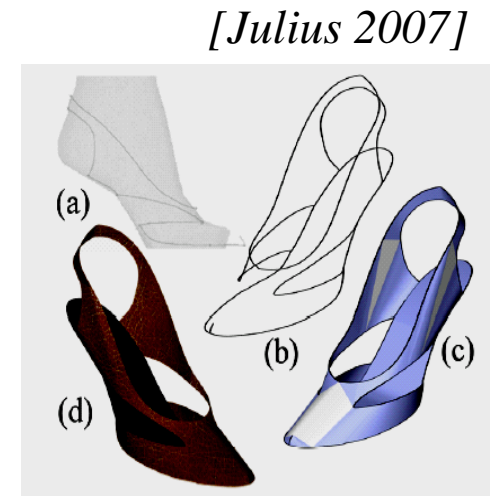
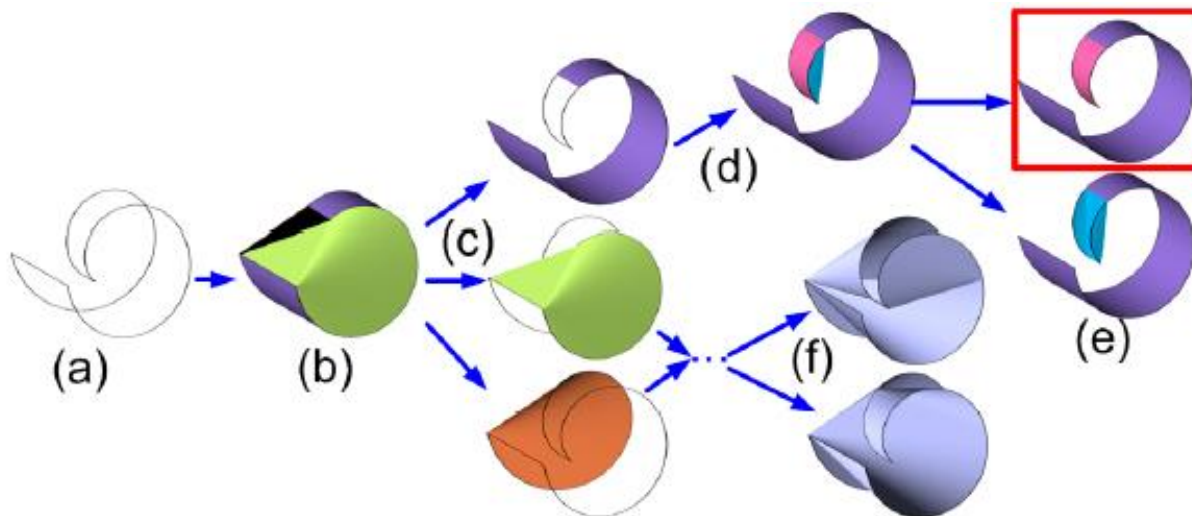
[Decaudin 2006]



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

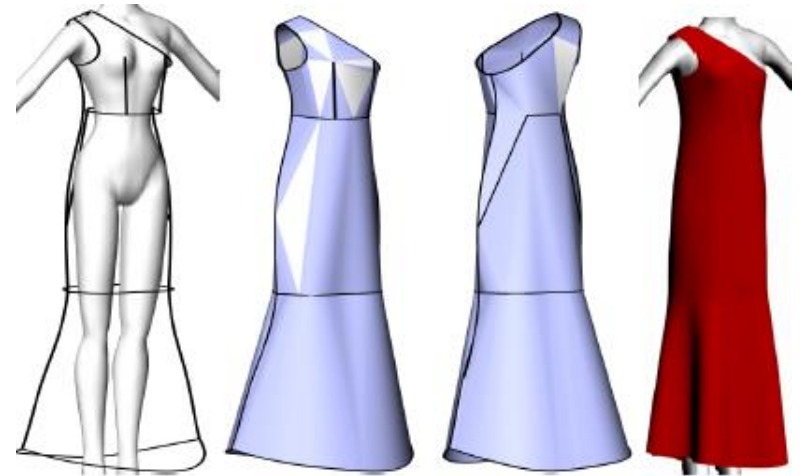
Surface développable par croquis

- **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

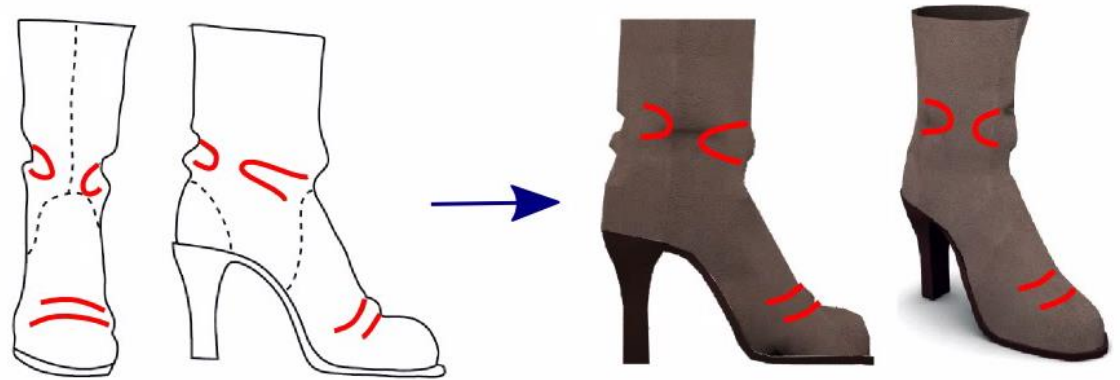


- + Calcul automatique des patrons
- + Les plis peuvent être simulés par isométrie
- *Peu intuitif de dessiner une surface « tendue »!*

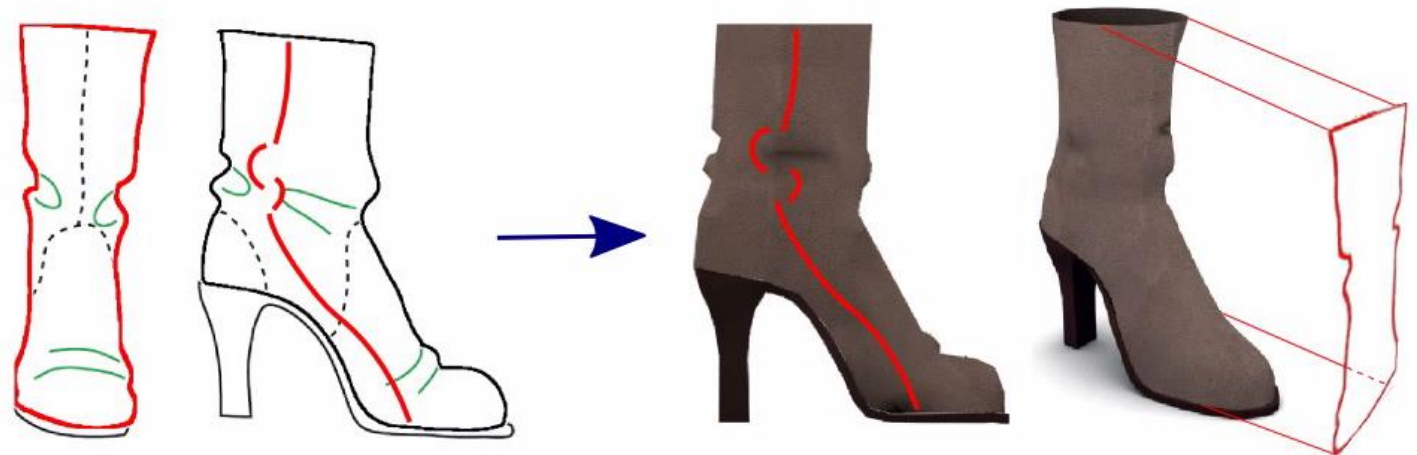
- ✓ Dessin 3D au stade de l'ébauche
- ✓ Croquis en modélisation constructive
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

Intégrer les plis au design?

Dessin de silhouettes de plis

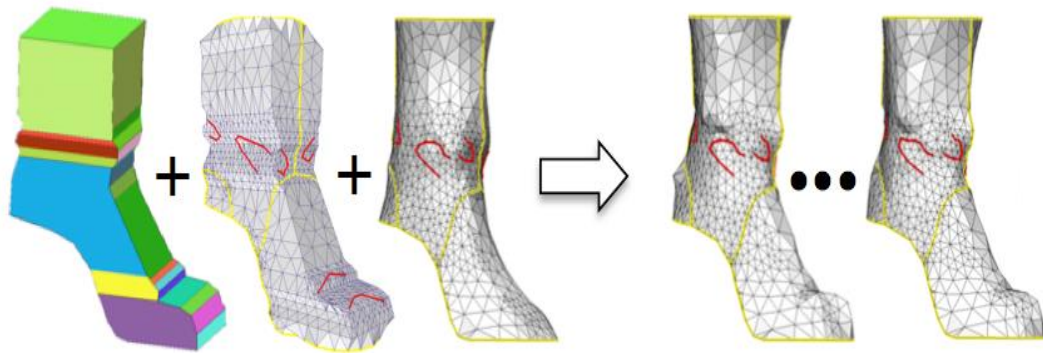


Difficulté : Silhouettes non planes!



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

« Contraintes glissantes » sur les silhouettes



En boucle :

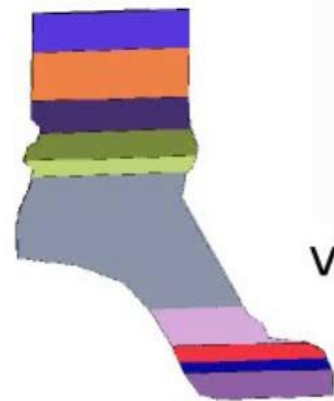
- Optimiser développabilité
- Ajuster au dessin

[Jung 2015]

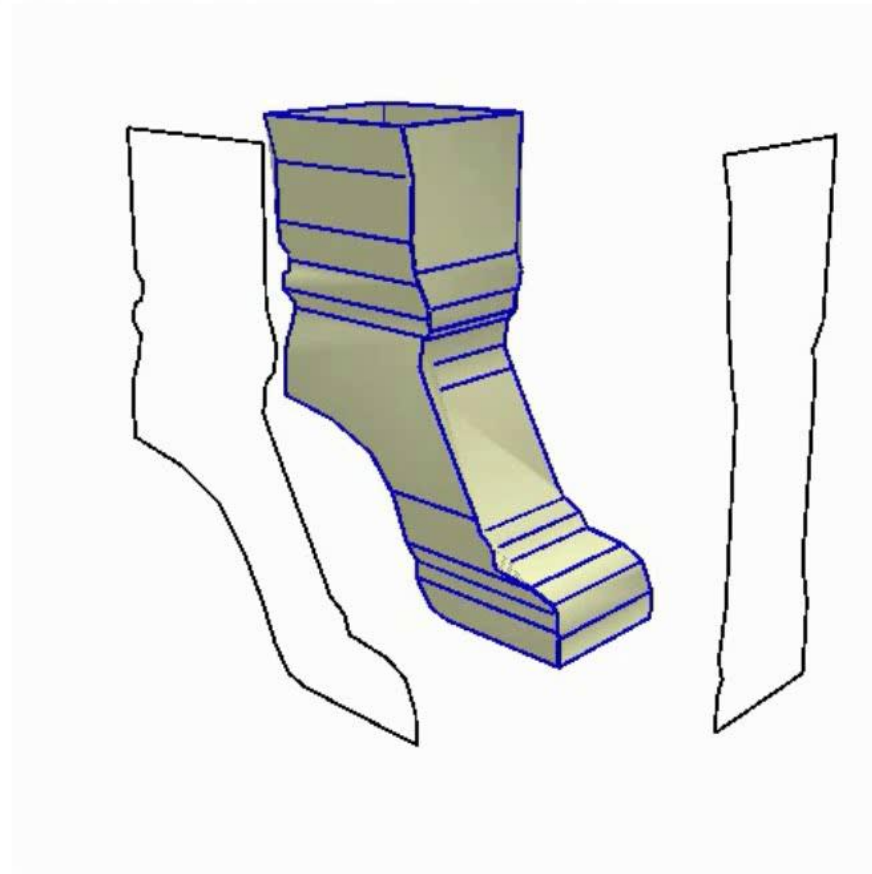


Initialization

Visual hull from silhouettes



view y

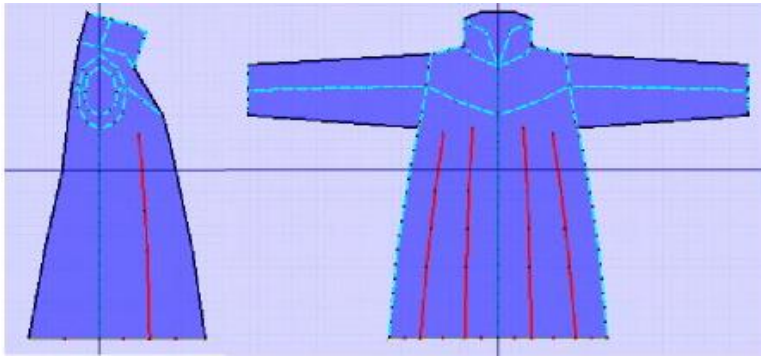


view x

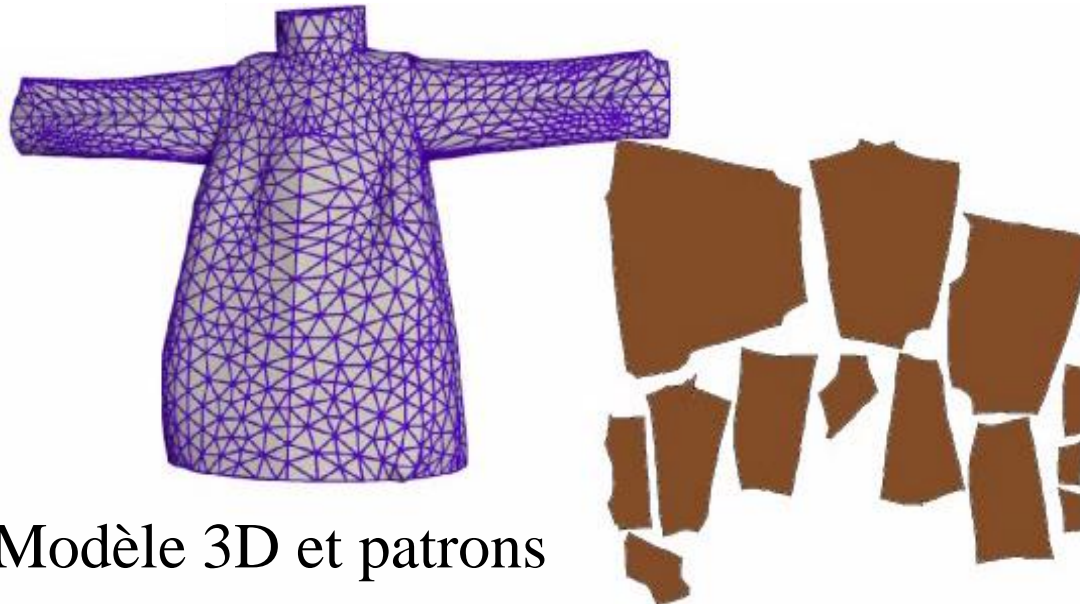


- ✓ *Dessin 3D au stade de l'ébauche*
- ✓ *Croquis en modélisation constructive*
- ✓ *Vêtements d'après un dessin*

Résultats



Donnée utilisateur

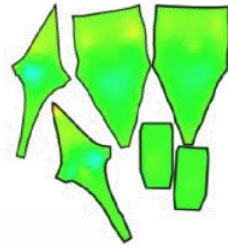
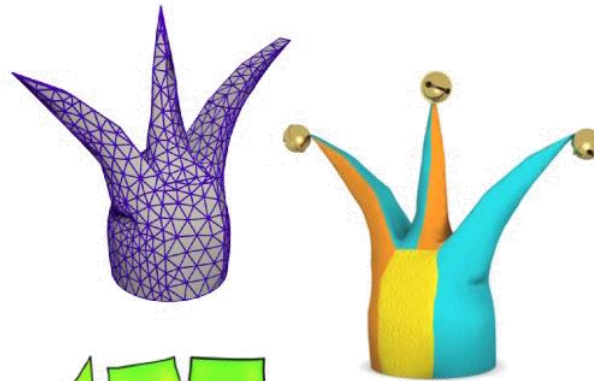
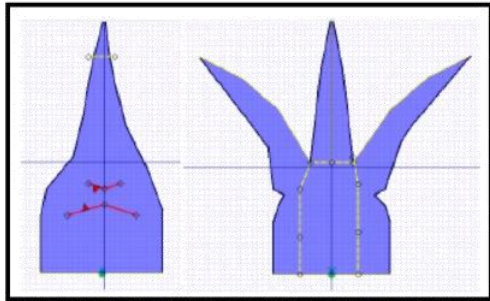


Modèle 3D et patrons



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

Résultats



Conclusion : Dessiner pour créer en 3D

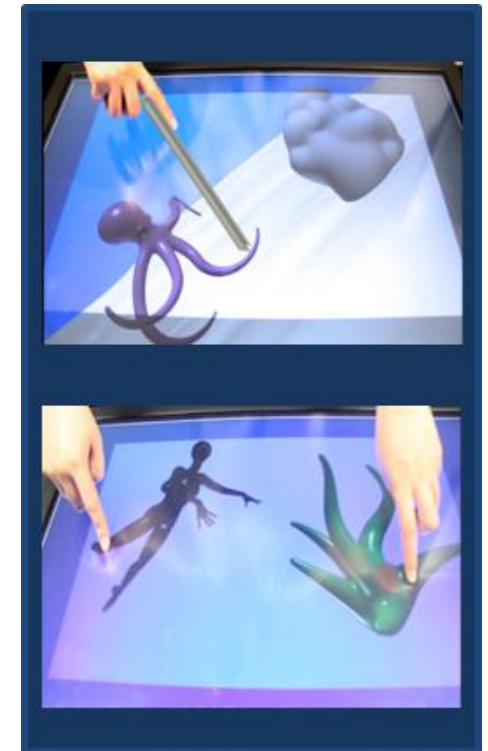
- Facile et rapide
- Intégrer des connaissances aux modèles
- Ajuster le résultat par déformation

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, Tanaka (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, Boissieux, Cani, 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 Graphics forum (Eurographics 2006).
- Julius, Sheffer, Cani (2007). Developpable surfaces from arbitrary sketched boundaries. Symposium on Geometry Processing, SGP 2007.
- Jung, Hahmann, Rohmer, Cani (2015). Sketching folds. To be published.