

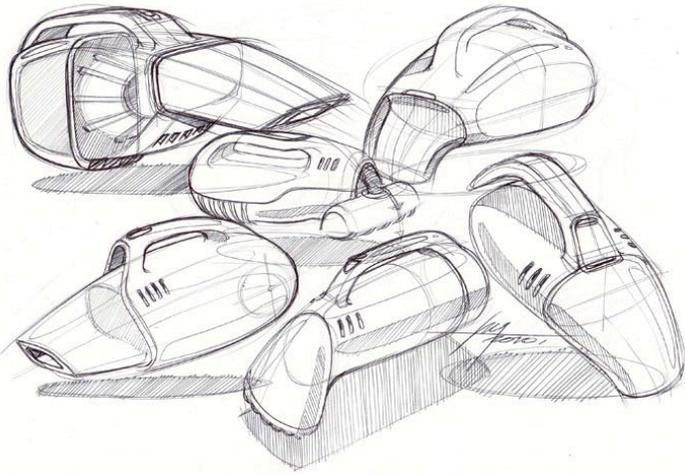
A light blue, hand-drawn sketch of a chair is visible in the background. The sketch shows the outline of the seat, backrest, and legs, with some lines indicating the structure and shading.

Interprétation de croquis pour le design

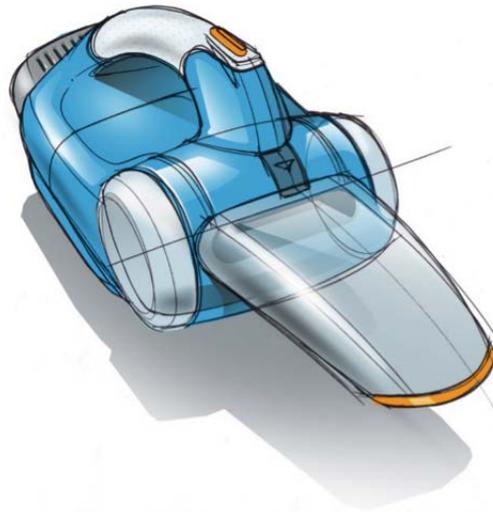
Adrien Bousseau
Inria – Sophia Antipolis

Inria

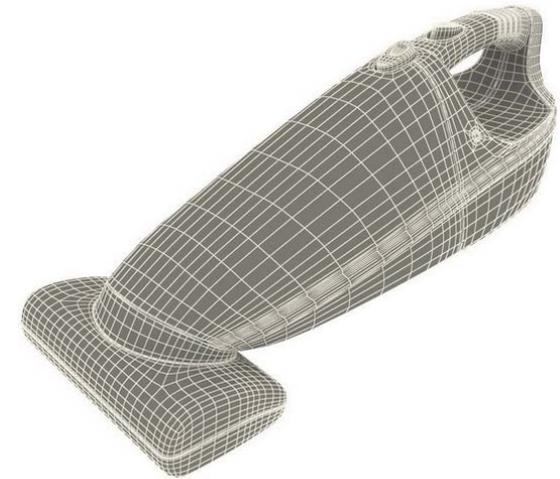
Les croquis en design



Dessin au trait

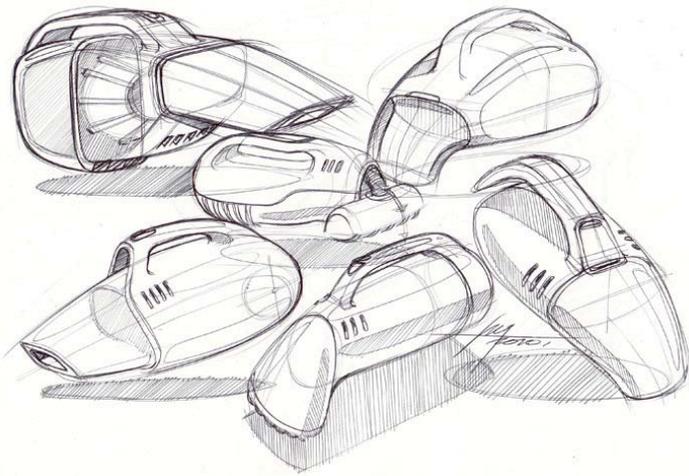


Dessin ombré



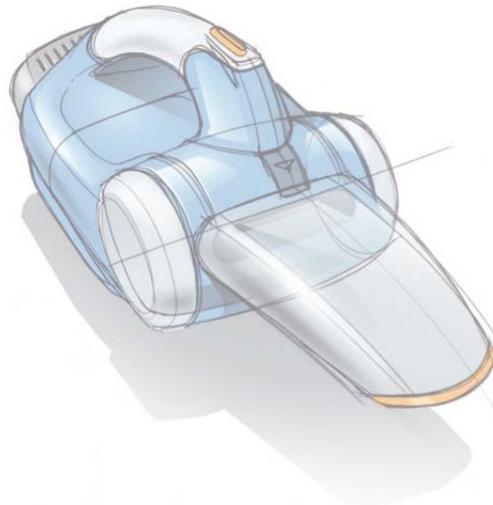
Modèle 3D

Les croquis en design



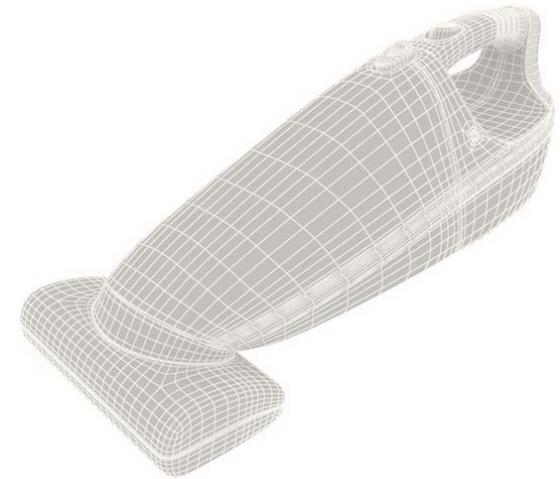
Dessin au trait

- Exploration d'idées
- Rapide et flexible



Dessin ombré

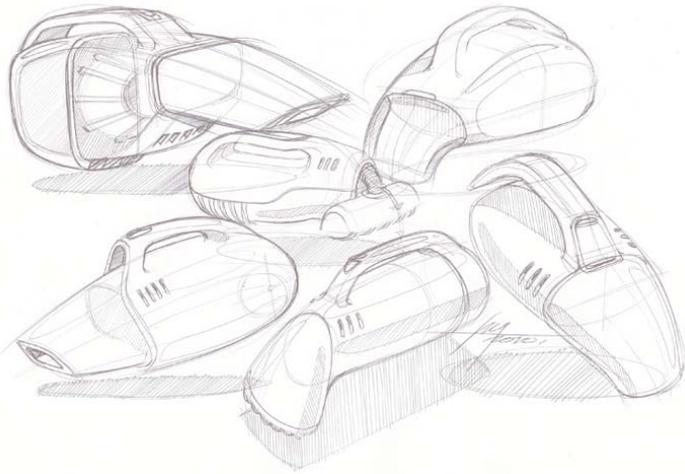
- Présentation, communication
- Nécessite du temps et de l'expertise



Modèle 3D

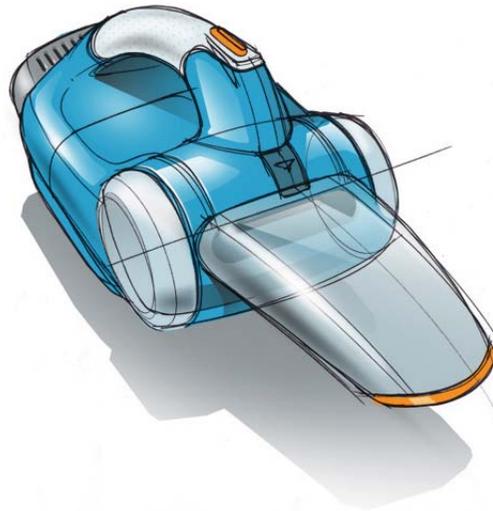
- Validation, conception
- Nécessite du temps, de la précision

Les croquis en design



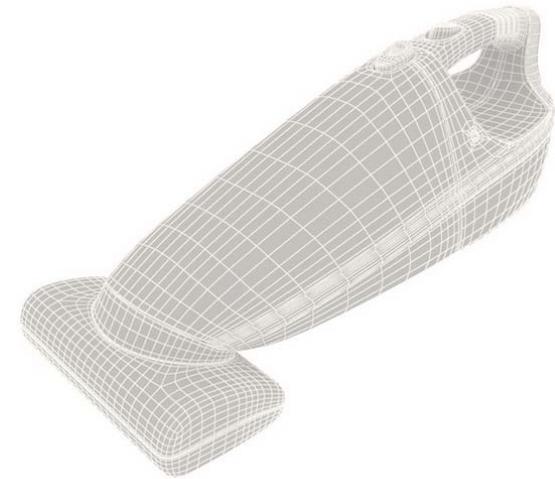
Dessin au trait

- Exploration d'idées
- Rapide et flexible



Dessin ombré

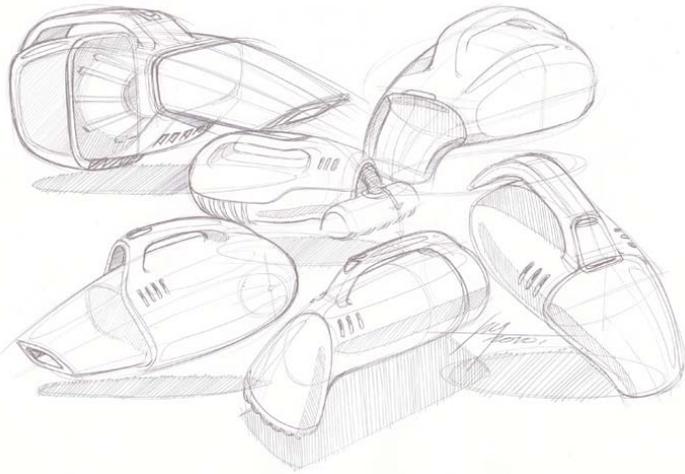
- Présentation, communication
- Nécessite du temps et de l'expertise



Modèle 3D

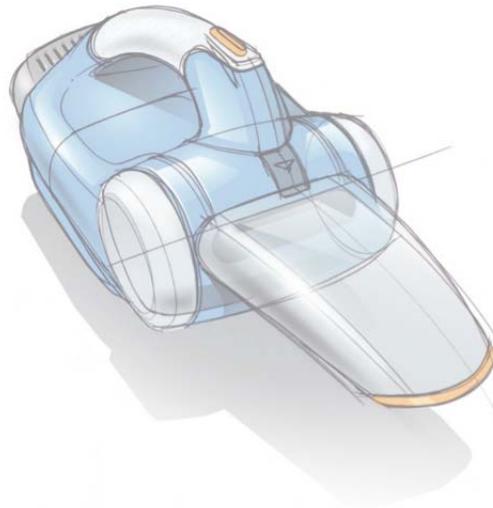
- Validation, conception
- Nécessite du temps, de la précision

Les croquis en design



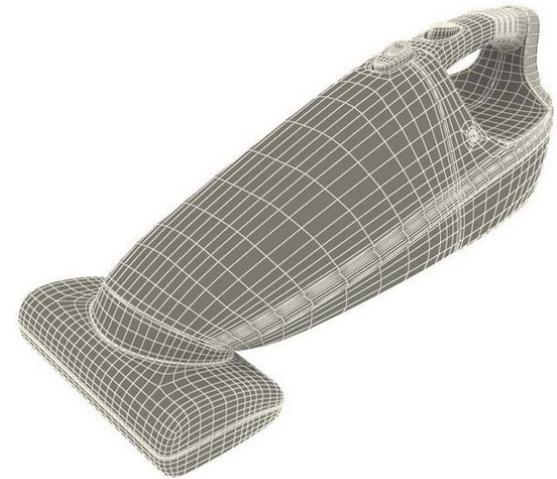
Dessin au trait

- Exploration d'idées
- Rapide et flexible



Dessin ombré

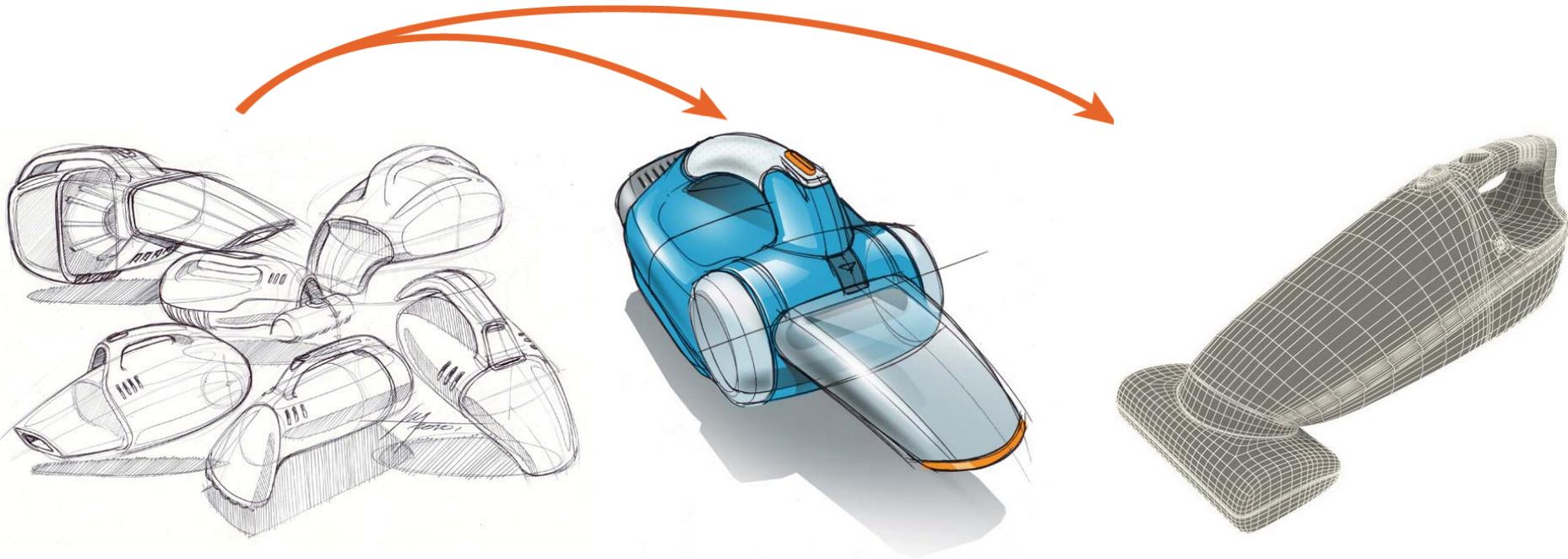
- Présentation, communication
- Nécessite du temps et de l'expertise



Modèle 3D

- Validation, conception
- Nécessite du temps, de la précision

Les croquis en design



Dessin au trait

- Exploration d'idées
- Rapide et flexible

Dessin ombré

- Présentation, communication
- Nécessite du temps et de l'expertise

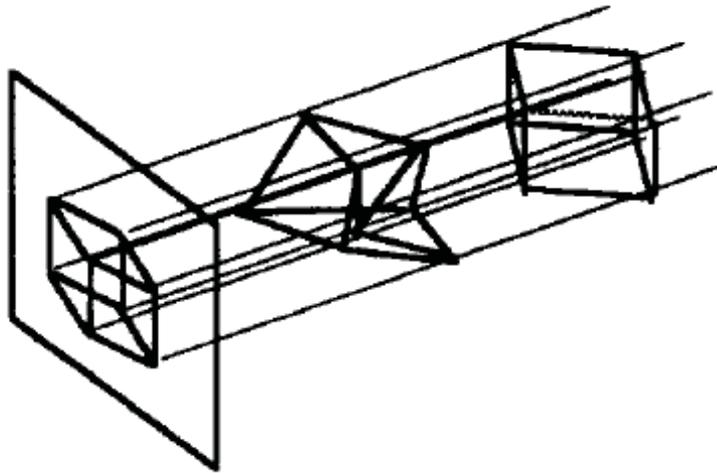
Modèle 3D

- Validation, conception
- Nécessite du temps, de la précision

Modélisation par le croquis

Un seul dessin

Plusieurs interprétations possibles

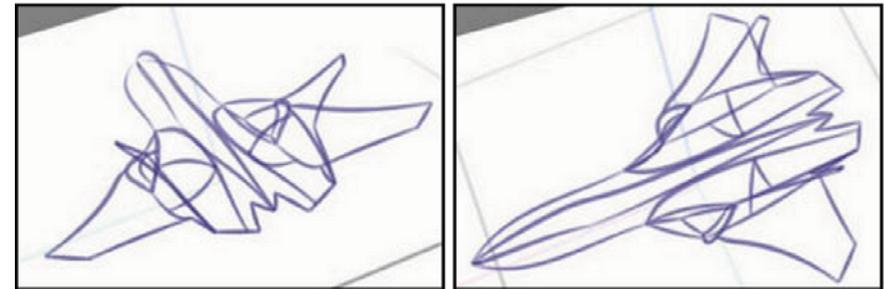


[Lipson 1996]

Dessin selon plusieurs vues

Le crayon contrôle :

- Mouvement de caméra
- Définition de surface de dessin
- Dessin

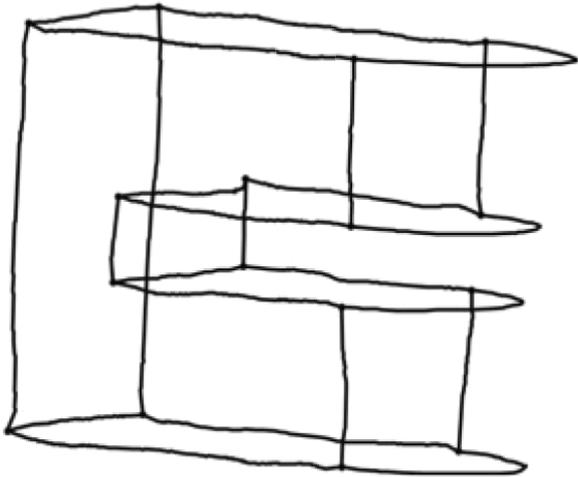


[Bae 2008] @ ACM

Modélisation par le croquis

Un seul dessin

- Détecte régularité dans le dessin
- Impose même régularité en 3D



[Lipson 1996]

Dessin selon plusieurs vues

Le crayon contrôle :

- Mouvement de caméra
- Définition de surface de dessin
- Dessin

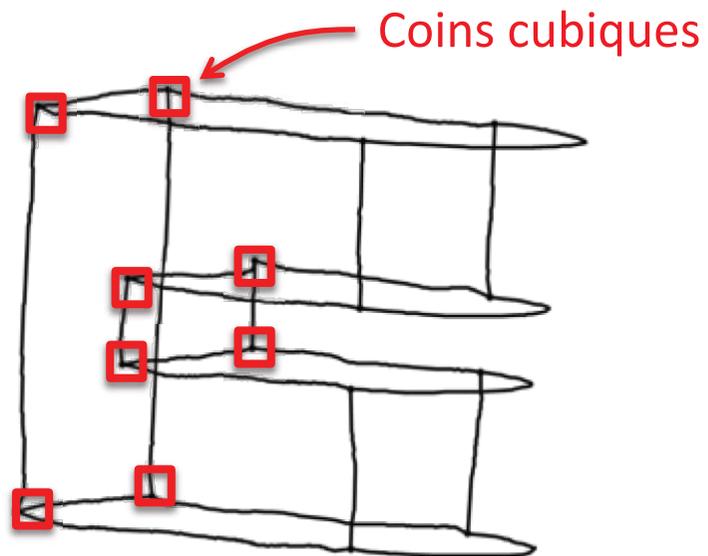


[Bae 2008] @ ACM

Modélisation par le croquis

Un seul dessin

- Détecte régularité dans le dessin
- Impose même régularité en 3D

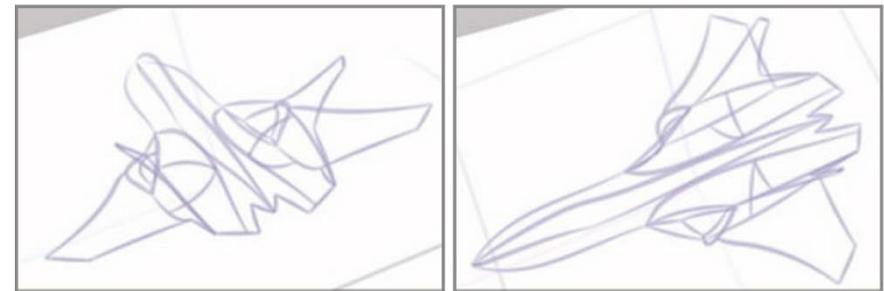


[Lipson 1996]

Dessin selon plusieurs vues

Le crayon contrôle :

- Mouvement de caméra
- Définition de surface de dessin
- Dessin

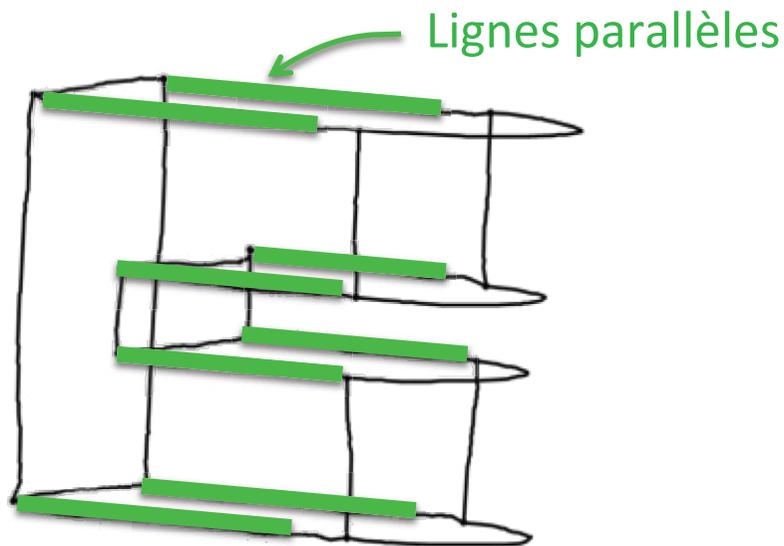


[Bae 2008] @ ACM

Modélisation par le croquis

Un seul dessin

- Détecte régularité dans le dessin
- Impose même régularité en 3D



[Lipson 1996]

Dessin selon plusieurs vues

Le crayon contrôle :

- Mouvement de caméra
- Définition de surface de dessin
- Dessin

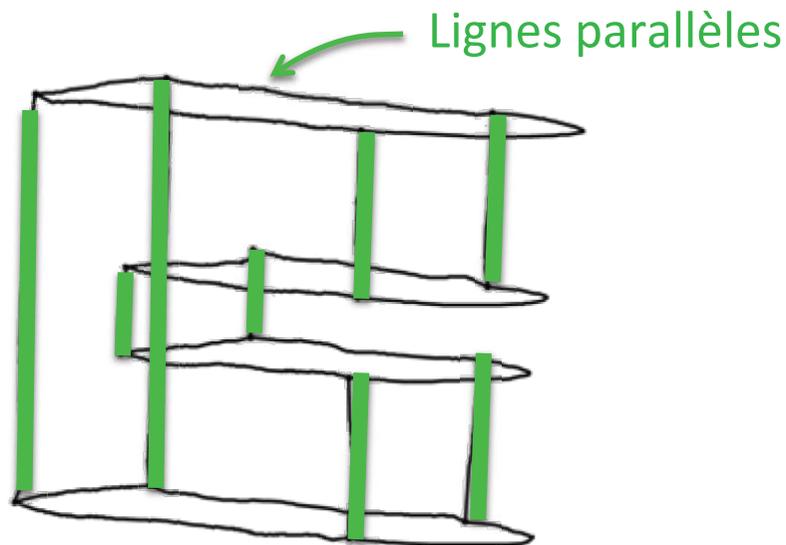


[Bae 2008] @ ACM

Modélisation par le croquis

Un seul dessin

- Détecte régularité dans le dessin
- Impose même régularité en 3D

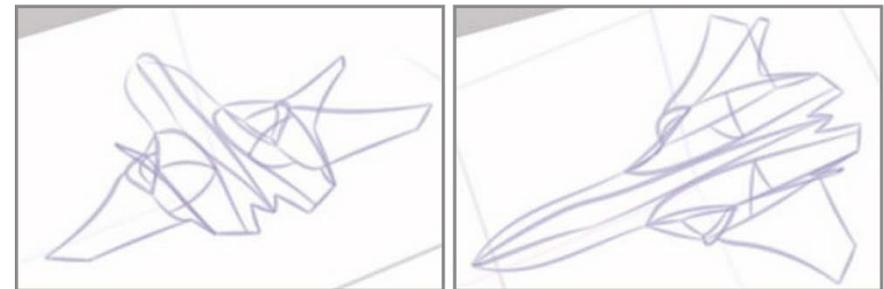


[Lipson 1996]

Dessin selon plusieurs vues

Le crayon contrôle :

- Mouvement de caméra
- Définition de surface de dessin
- Dessin

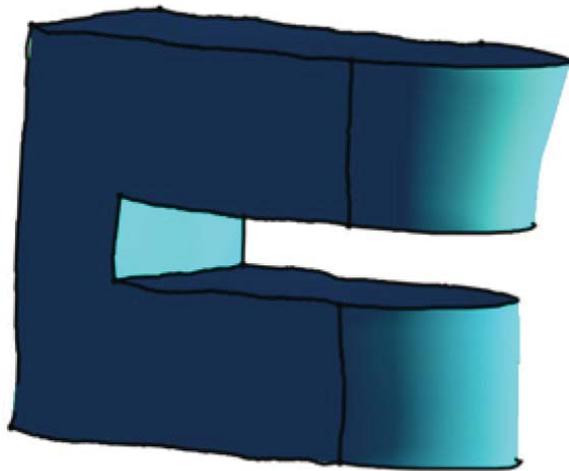


[Bae 2008] @ ACM

Modélisation par le croquis

Un seul dessin

- Détecte régularité dans le dessin
- Impose même régularité en 3D



[Lipson 1996]

Dessin selon plusieurs vues

Le crayon contrôle :

- Mouvement de caméra
- Définition de surface de dessin
- Dessin

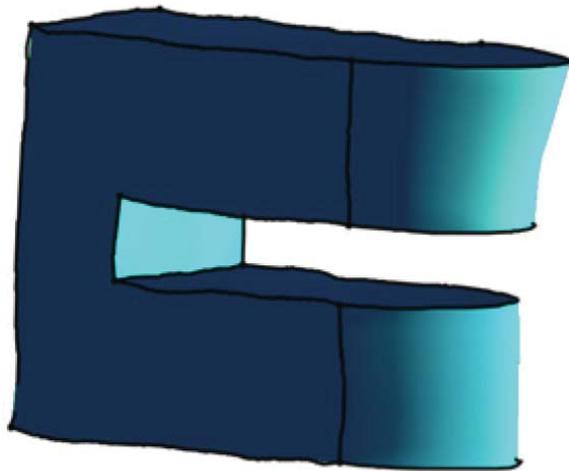


[Bae 2008] @ ACM

Modélisation par le croquis

Un seul dessin

- + Travail à partir de dessins existants
- Formes régulières

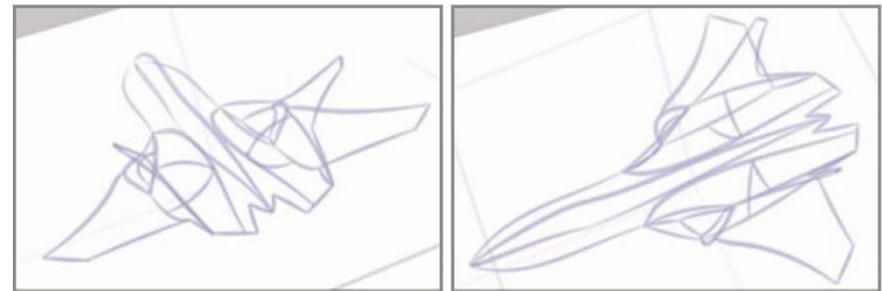


[Lipson 1996]

Dessin selon plusieurs vues

Le crayon contrôle :

- Mouvement de caméra
- Définition de surface de dessin
- Dessin

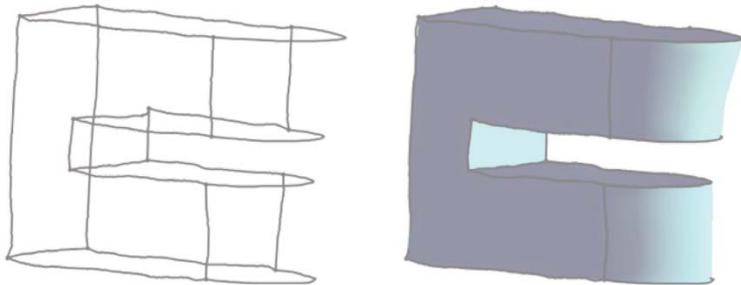


[Bae 2008] @ ACM

Modélisation par le croquis

Un seul dessin

- Détecte régularité dans le dessin
- Impose même régularité en 3D

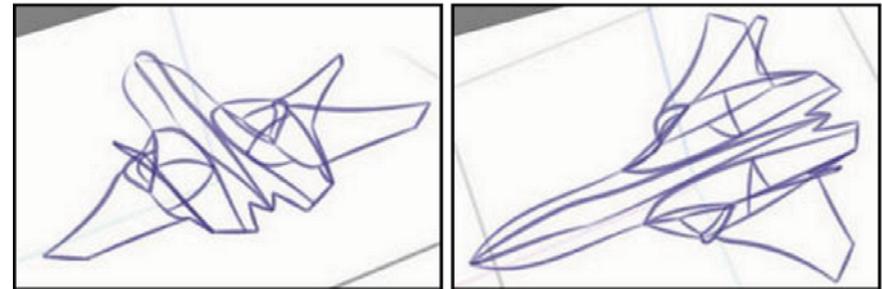


[Lipson 1996]

Dessin selon plusieurs vues

Le crayon contrôle :

- Mouvement de caméra
- Définition de surface de dessin
- Dessin

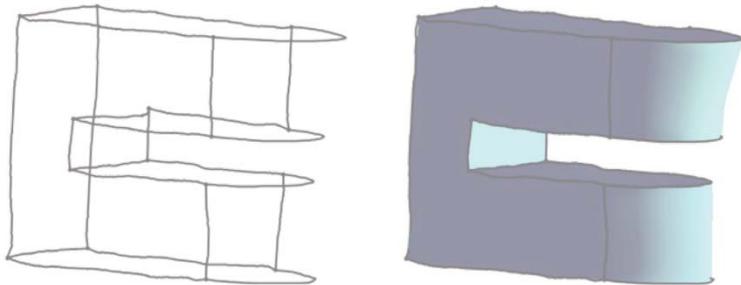


[Bae 2008] @ ACM

Modélisation par le croquis

Un seul dessin

- Détecte régularité dans le dessin
- Impose même régularité en 3D

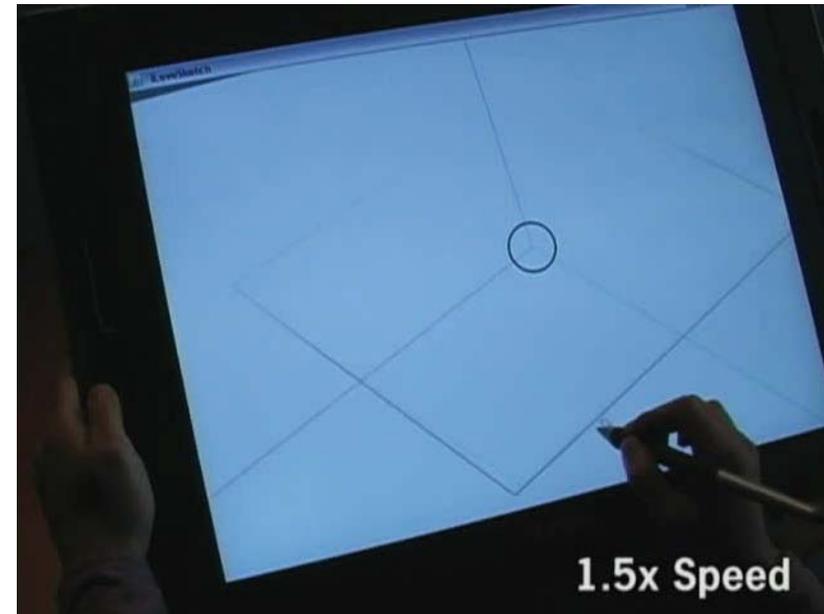


[Lipson 1996]

Dessin selon plusieurs vues

Le crayon contrôle :

- Mouvement de caméra
- Définition de surface de dessin
- Dessin

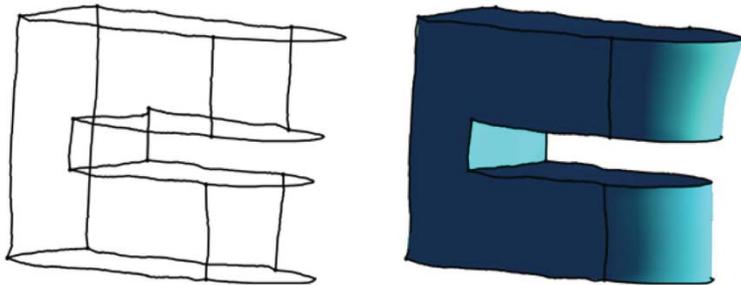


[Bae 2008] @ ACM

Modélisation par le croquis

Un seul dessin

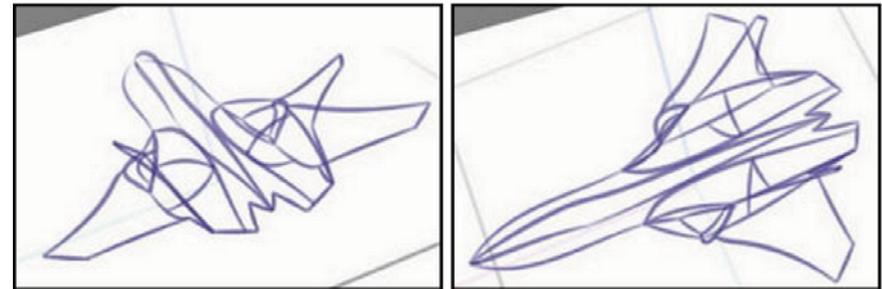
- + Travail à partir de dessins existants
- Formes régulières



[Lipson 1996]

Dessin selon plusieurs vues

- + Formes libres
- Distraction des mouvements de caméra, planification



[Bae 2008] @ ACM

CrossShade

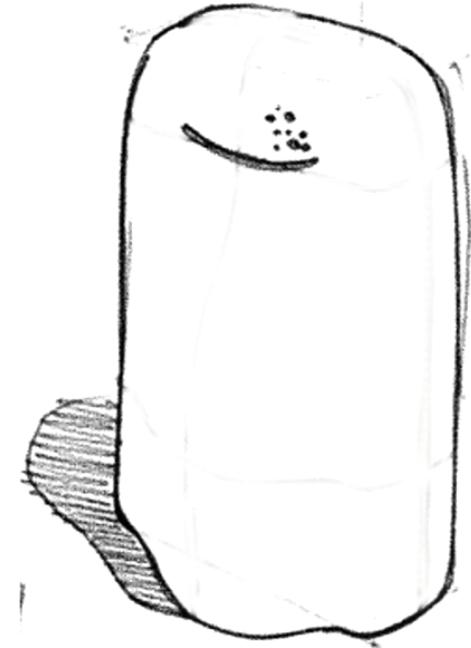
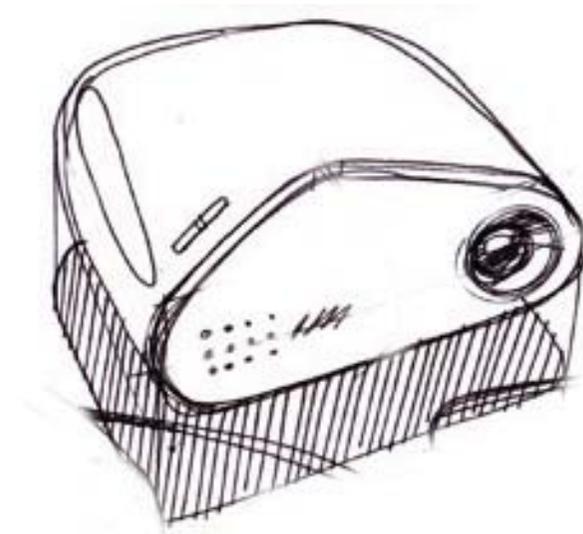
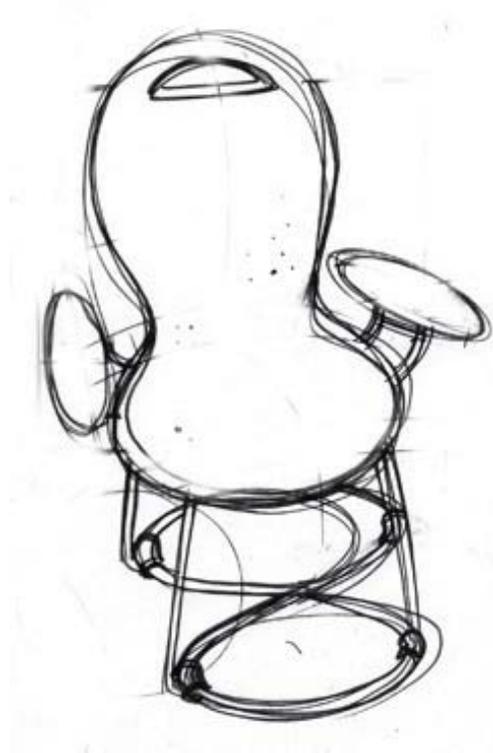
Shading Concept Sketches Using Cross-Section Curves

Cloud Shao¹, Adrien Bousseau², Alla Sheffer³, Karan Singh¹
SIGGRAPH 2012



Les croquis en design

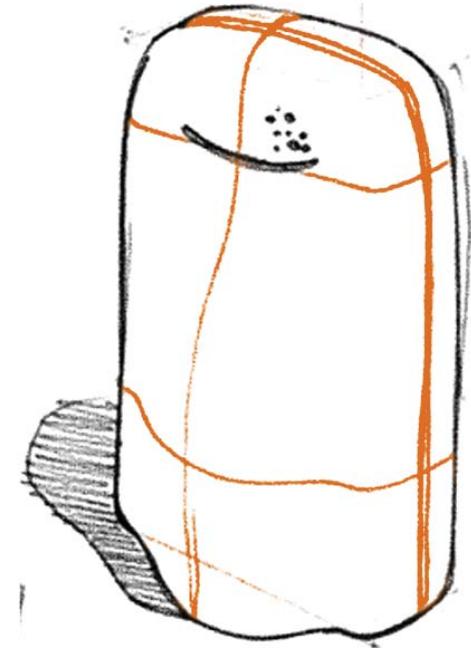
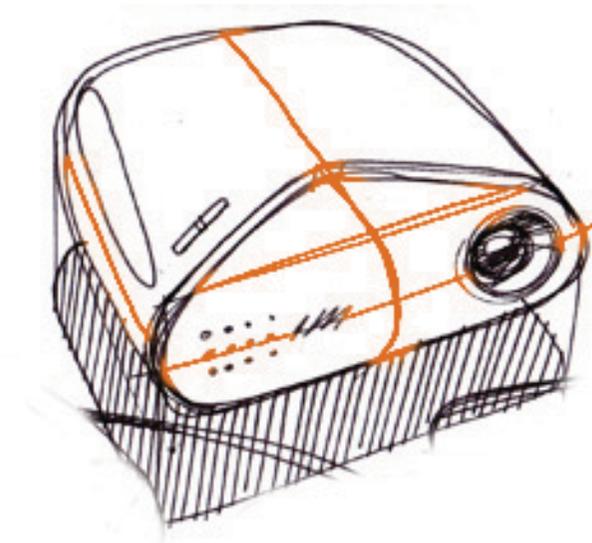
© www.sketch-a-day.com, [Eissen et Steur 2008, 2011]



Les croquis en design

© www.sketch-a-day.com, [Eissen et Steur 2008, 2011]

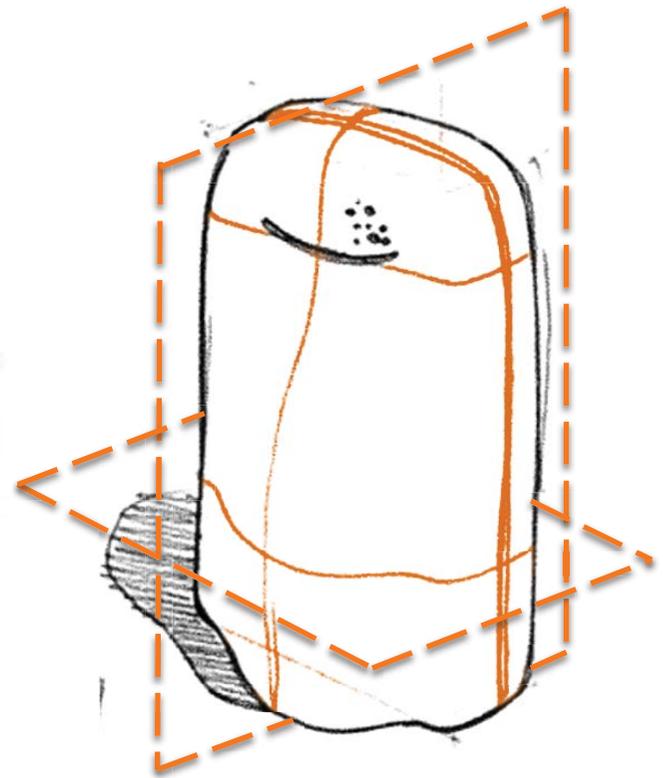
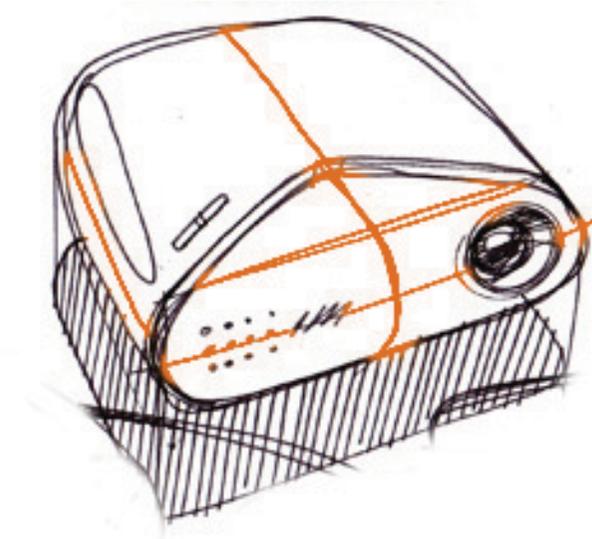
Lignes de section



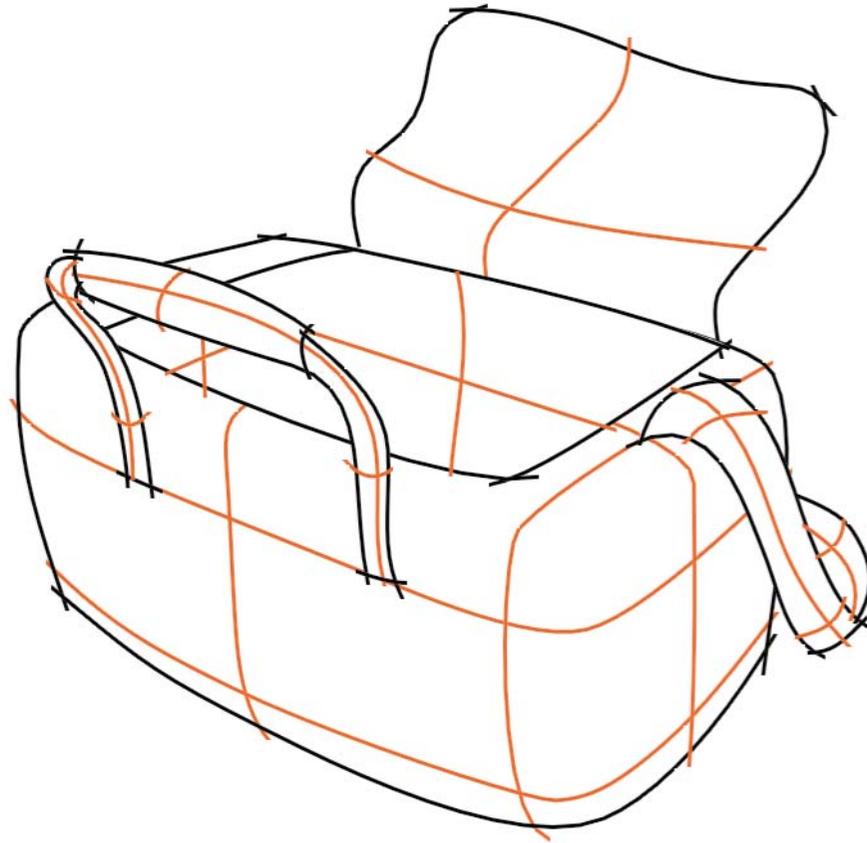
Les croquis en design

© www.sketch-a-day.com, [Eissen et Steur 2008, 2011]

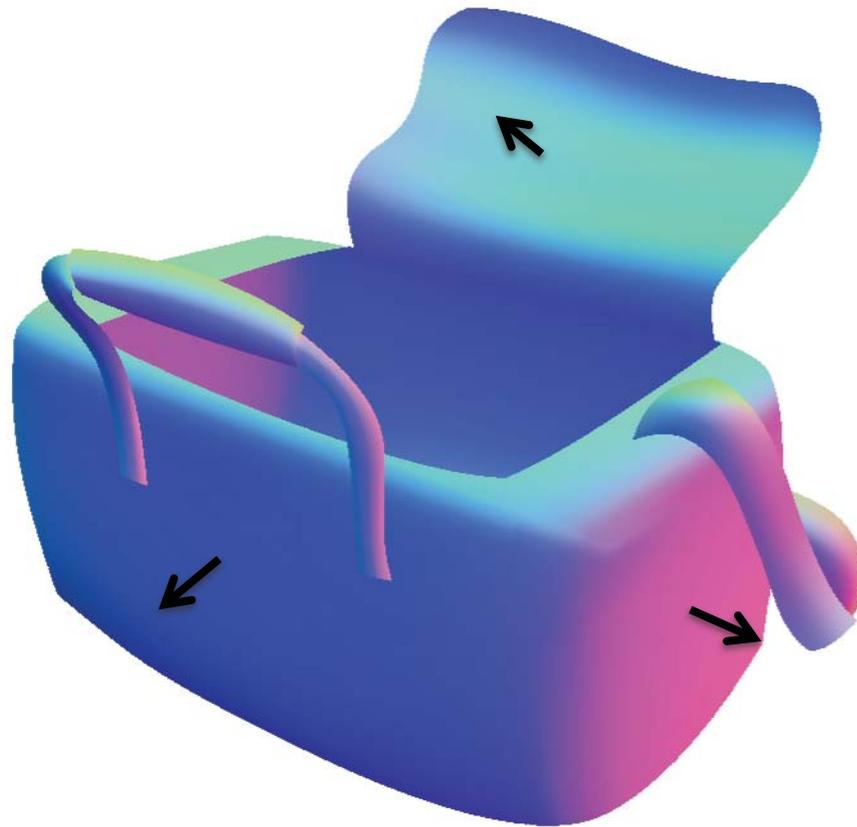
Lignes de section



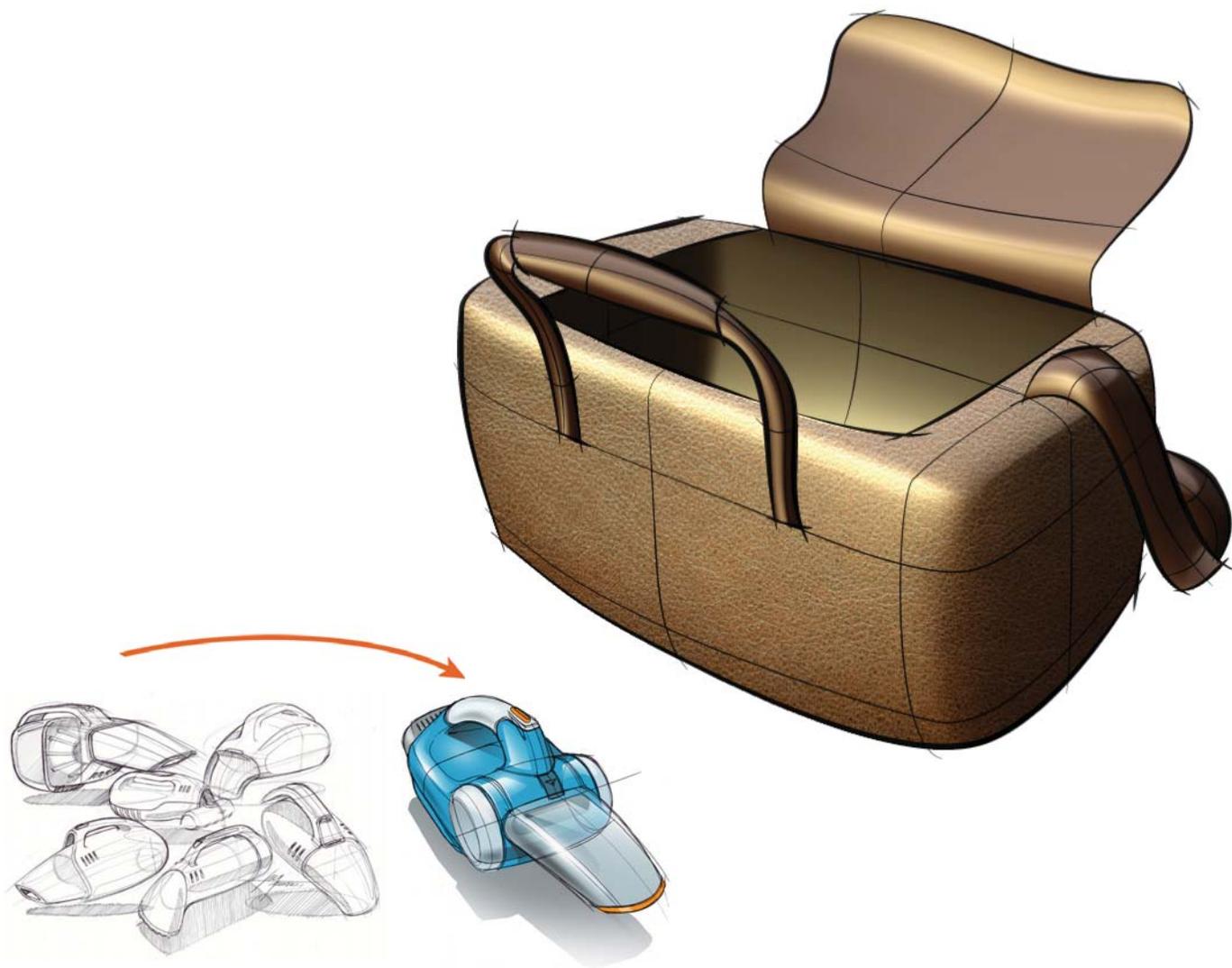
A partir d'un croquis ...



**Estime l'orientation de la surface,
les « normales »**

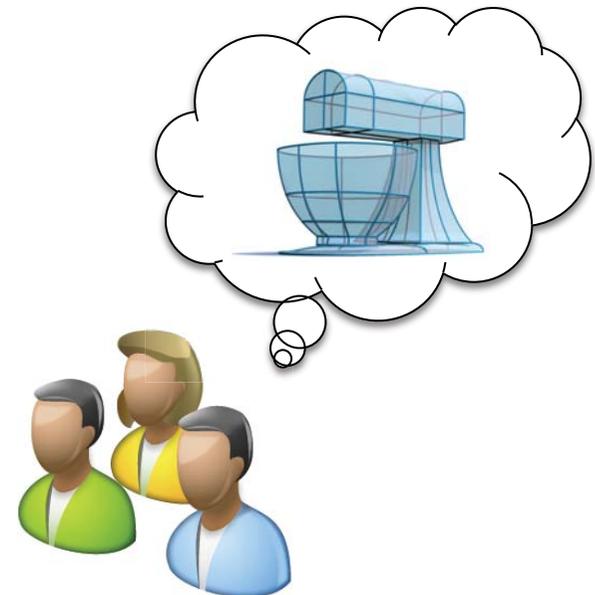
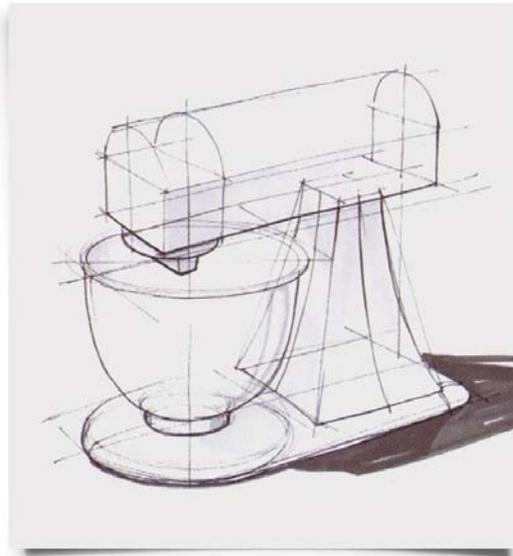
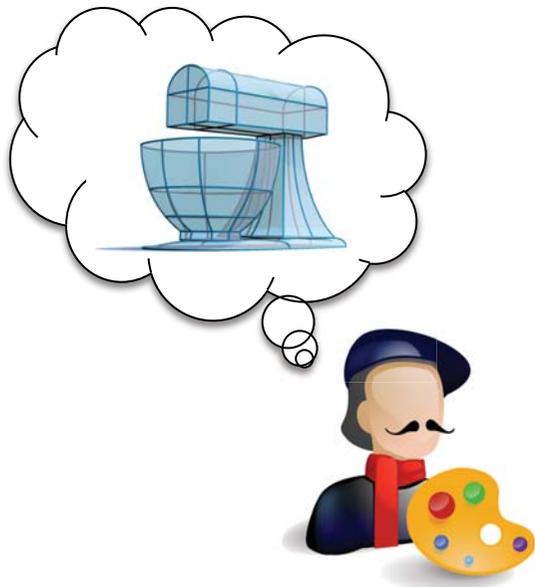


Calcule l'ombrage



Méthodologie

- Propriétés mathématiques du dessin
 - Comment les designers dessinent ?
 - Comment perçoit-on les dessins ?

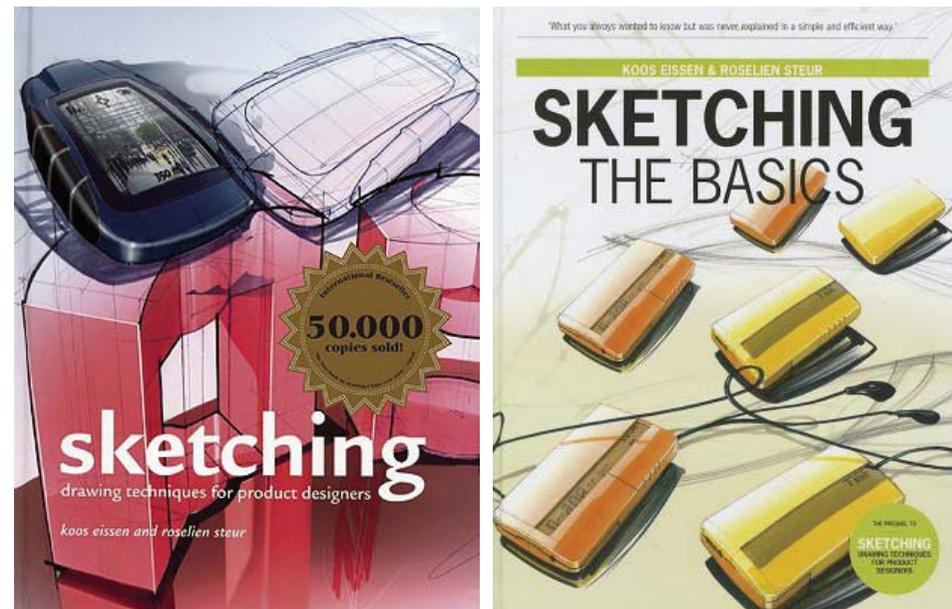
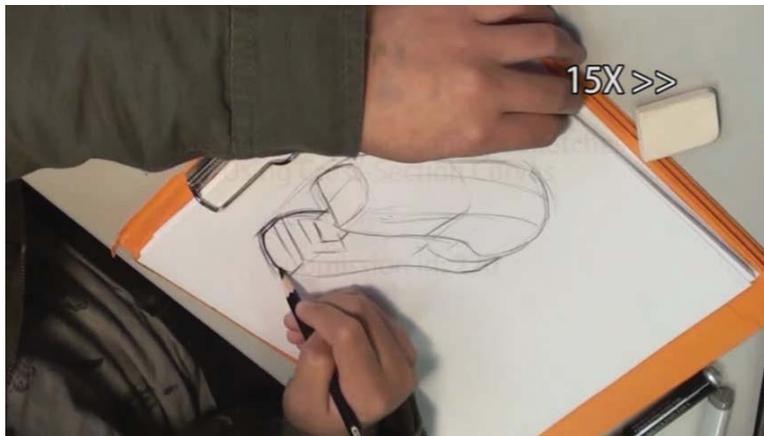


Méthodologie

- Propriétés mathématiques du dessin
 - Comment les designers dessinent ?
 - Comment perçoit-on les dessins ?
- Implémentation sous forme d'algorithmes
- Validation avec études perceptuelles

Comment les designers dessinent ?

- Interviews
- Observations
- Tutoriaux en ligne
- Livres sur le design



[Eissen et Steur 2008, 2011]

Comment les designers dessinent ?

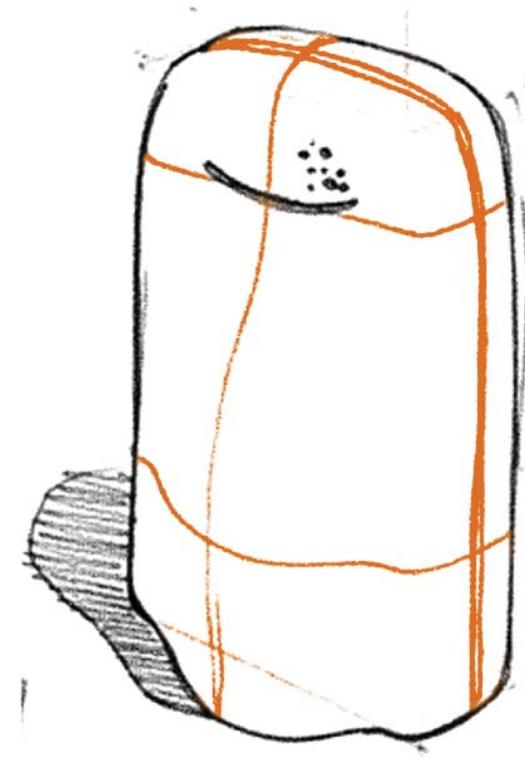
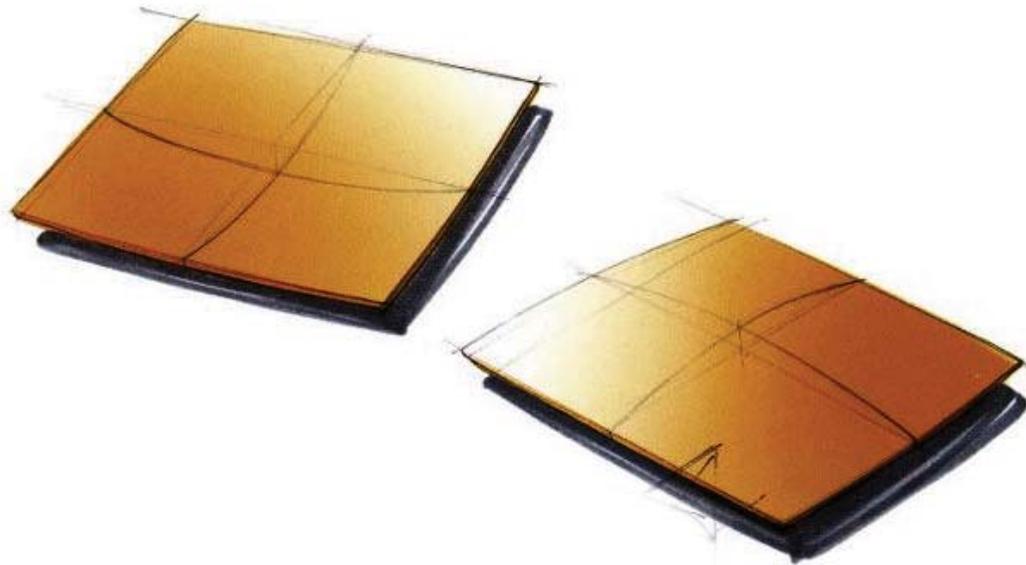
- Interviews
- Observations
- Tutoriaux en ligne
- Livres sur le design



[Eissen et Steur 2008, 2011]

Comment les designers dessinent ?

- “Les lignes de section sur une surface expliquent sa courbure” [Eissen et Steur 2008]



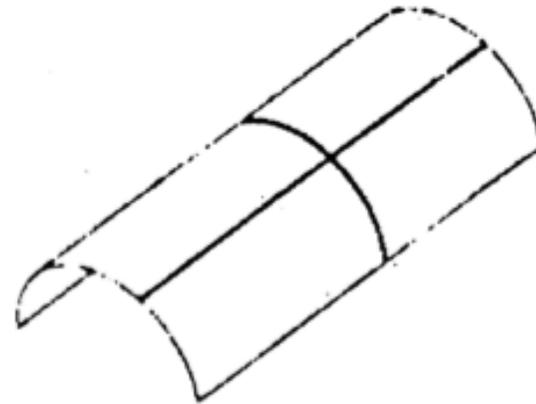
Comment perçoit-on les dessins ?

- Des courbes lisses qui s'intersectent sont perçues comme des lignes de courbure
[Stevens 81, Mamassian et Landy 98]



Comment perçoit-on les dessins ?

- Des courbes lisses qui s'intersectent sont perçues comme des lignes de courbure
[Stevens 81, Mamassian et Landy 98]



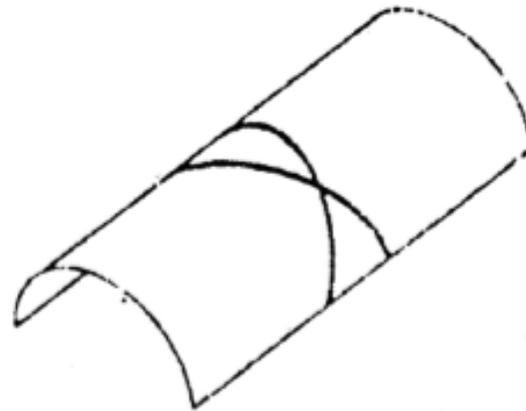
Comment perçoit-on les dessins ?

- Des courbes lisses qui s'intersectent sont perçues comme des lignes de courbure
[Stevens 81, Mamassian et Landy 98]



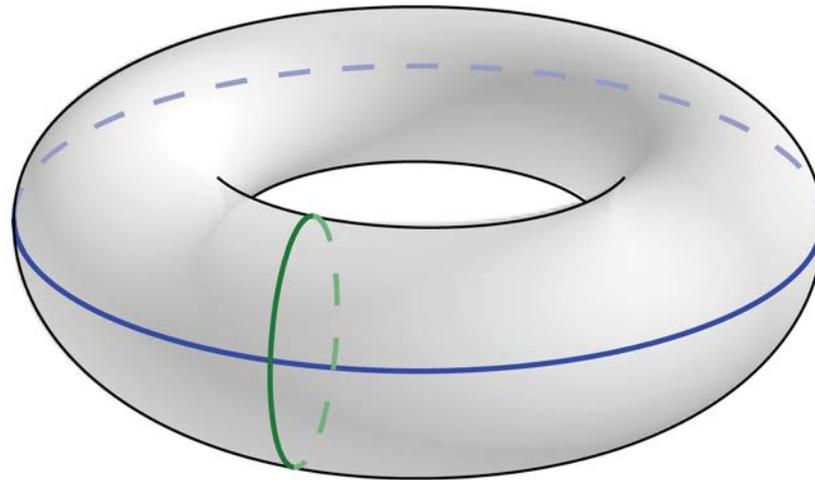
Comment perçoit-on les dessins ?

- Des courbes lisses qui s'intersectent sont perçues comme des lignes de courbure
[Stevens 81, Mamassian et Landy 98]



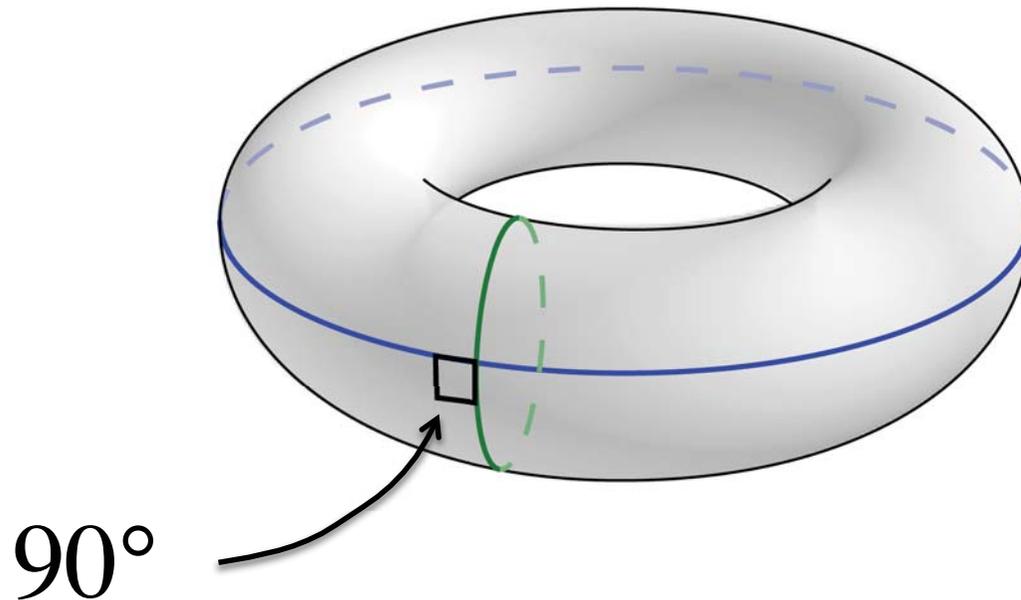
Lignes de courbure

- Directions de plus **petite** et plus **grande** courbure



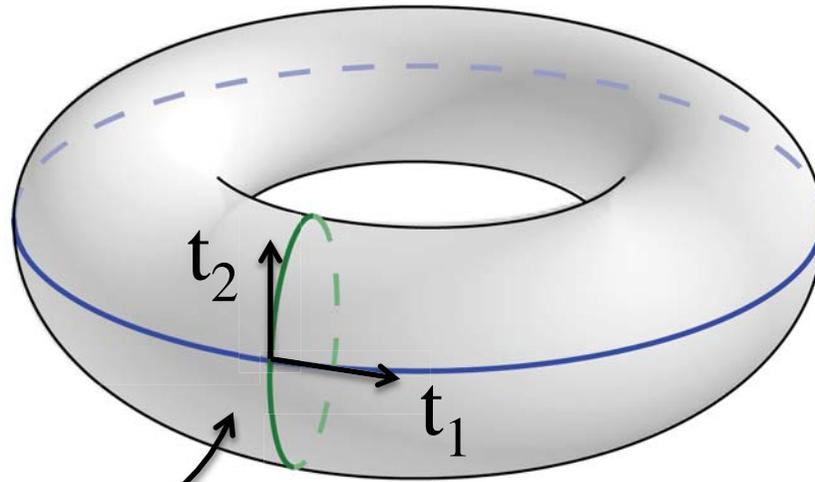
Lignes de courbure

- Directions de plus **petite** et plus **grande** courbure
- Perpendiculaires en 3D



Lignes de courbure

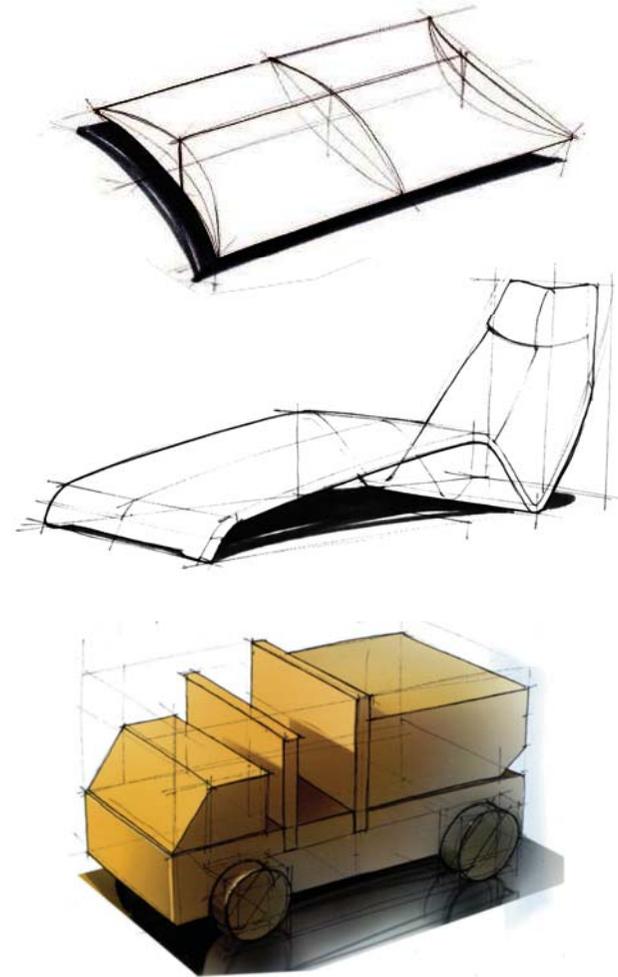
- Directions de plus **petite** et plus **grande** courbure
- Perpendiculaires en 3D



$$t_1 \cdot t_2 = 0$$

Autres propriétés

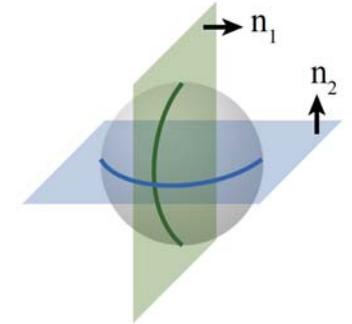
- Sections planaires et perpendiculaires
- Symétrie locale
- Point de vue informatif (perspective minimale)



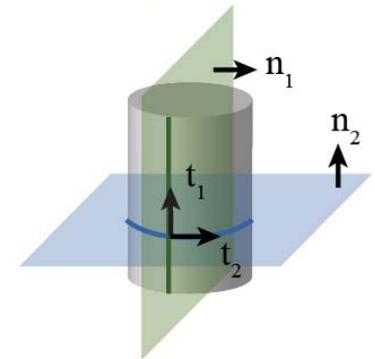
Autres propriétés

- Sections planes et perpendiculaires
- Symétrie locale
- Point de vue informatif (perspective minimale)

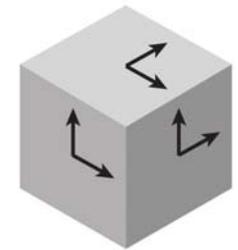
$$\mathbf{n}_1 \cdot \mathbf{n}_2 = 0$$



$$\begin{aligned} \mathbf{t}_1 \times \mathbf{n}_2 &= 0 \\ \mathbf{t}_2 \times \mathbf{n}_1 &= 0 \end{aligned}$$



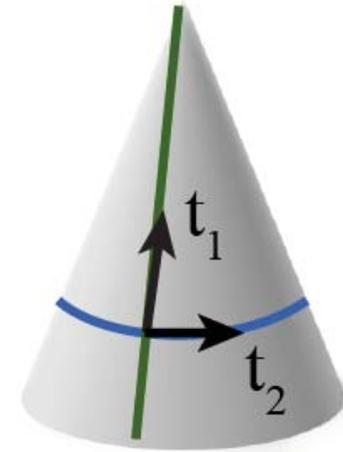
$$\sum (\mathbf{t}_1^z)^2 + (\mathbf{t}_2^z)^2$$



Algorithme

Pour chaque courbe :

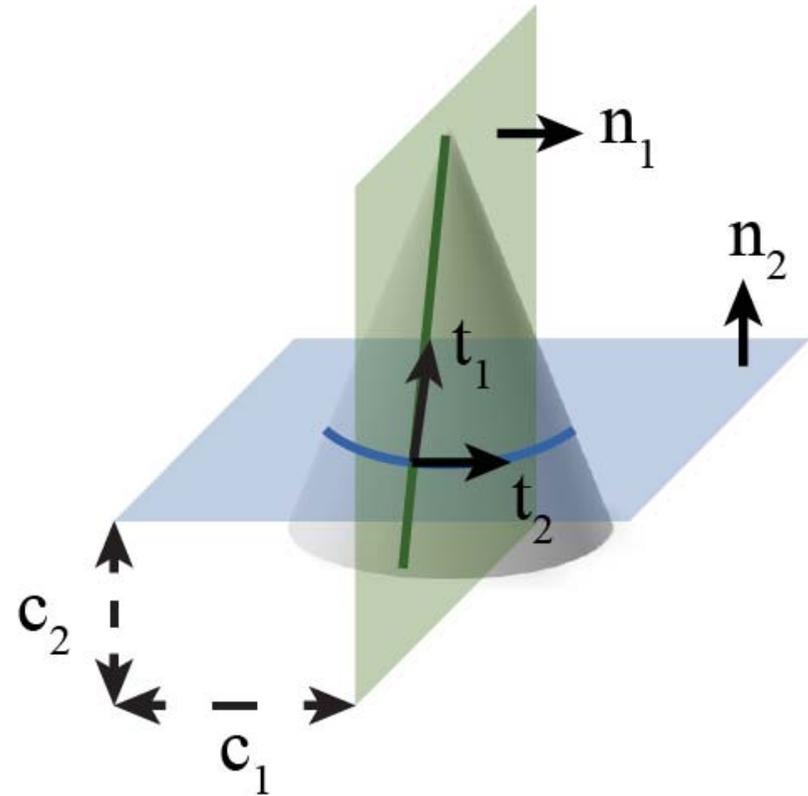
- On connaît les tangentes 2D à chaque intersection



Algorithme

Pour chaque courbe :

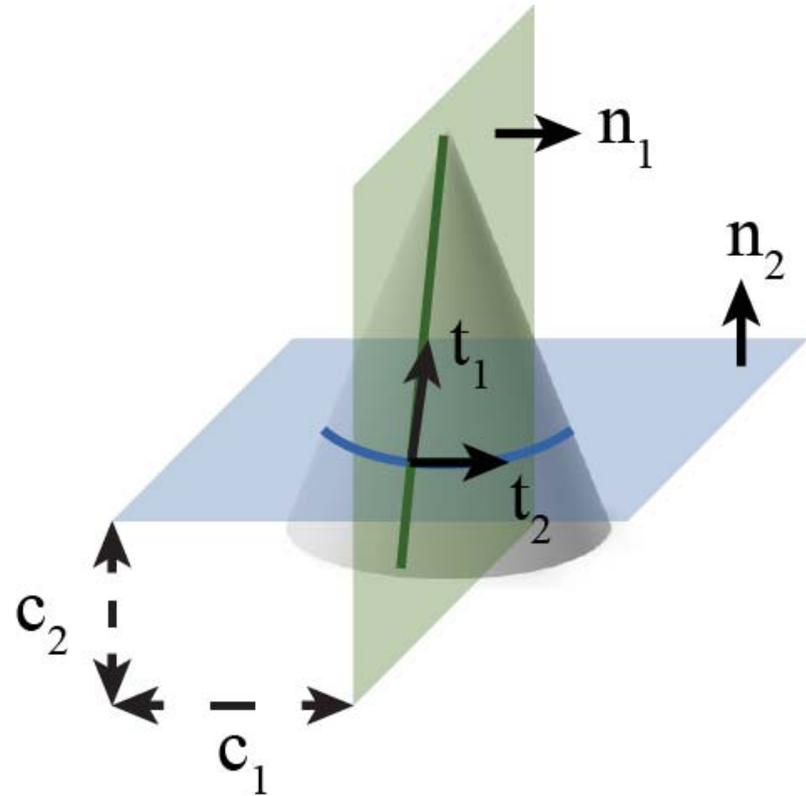
- On connaît les tangentes 2D à chaque intersection
- On estime
 - Orientation et position du plan de section
 - Profondeur des tangentes



Algorithme

Pour chaque courbe :

- On connaît les tangentes 2D à chaque intersection
- On estime
 - Orientation et position du plan de section
 - Profondeur des tangentes
- Qui satisfont les contraintes
 - Perpendicularité, symétrie
 - Perspective minimale



Optimisation sous contraintes

Fonction à minimiser (propriétés faibles)

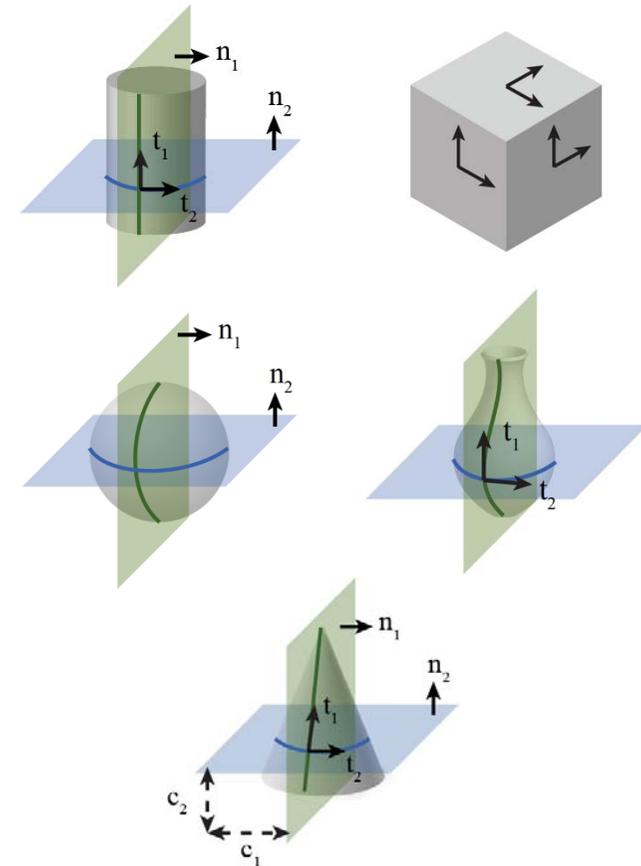
- Symétrie locale
- Point de vue informatif

Contraintes d'inégalité

- Plans perpendiculaires
- Tangentes perpendiculaires

Contraintes dures

- Tangente dans le plans
- Intersections dans les 2 plans



Optimisation sous contraintes

Fonction à minimiser (propriétés faibles)

- Symétrie locale
- Point de vue informatif

$$\min_{\mathbf{n}_i} \sum_{ij} (\|\mathbf{t}_{ji} \times \mathbf{n}_i\|^2 + \|\mathbf{t}_{ij} \times \mathbf{n}_j\|^2) + (\mathbf{t}_{ij}^z)^2 + (\mathbf{t}_{ji}^z)^2$$

Contraintes d'inégalité

- Plans perpendiculaires
- Tangentes perpendiculaires

$$-\epsilon \leq \mathbf{n}_i \cdot \mathbf{n}_j \leq \epsilon$$

$$-\epsilon \leq \mathbf{t}_{ij} \cdot \mathbf{t}_{ji} \leq \epsilon$$

Contraintes dures

- Tangente dans le plans
- Intersections dans les 2 plans

$$\mathbf{t}_{ij} \cdot \mathbf{n}_i = 0$$

$$\mathbf{x} \cdot \mathbf{n}_i + \mathbf{c}_i = 0$$

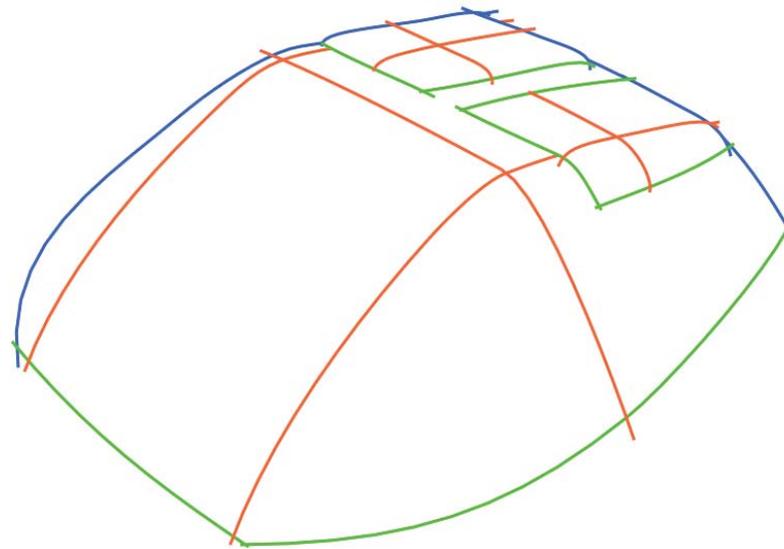
$$\mathbf{x} \cdot \mathbf{n}_j + \mathbf{c}_j = 0$$

Dessin en entrée

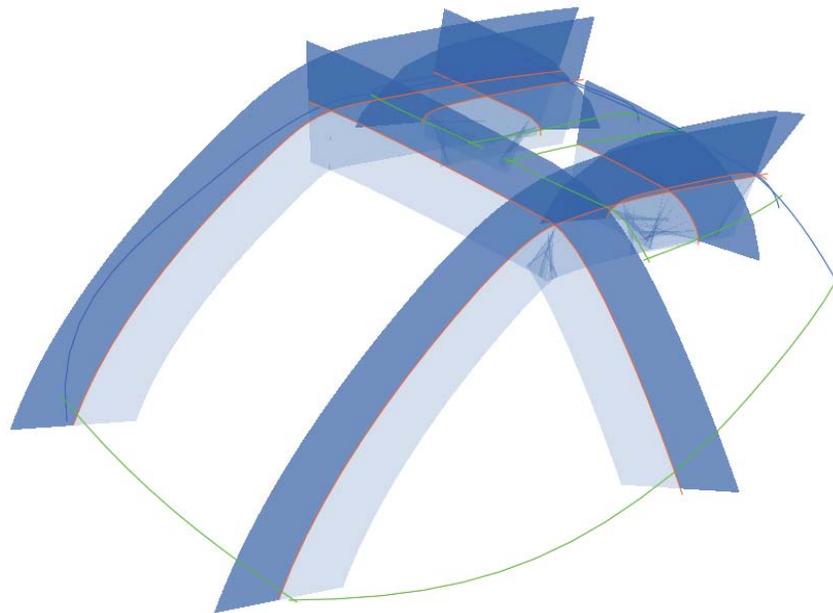
Sections

Silhouettes lisses

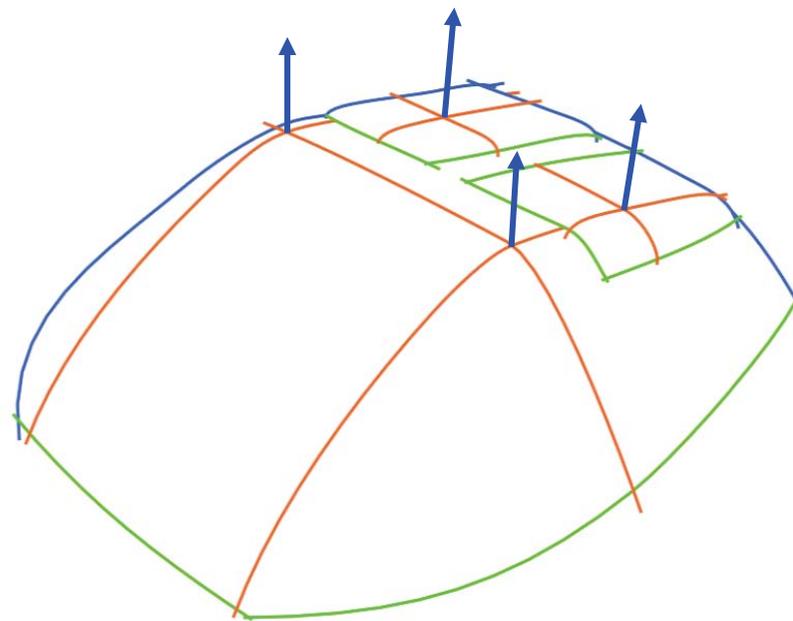
Bords aigus



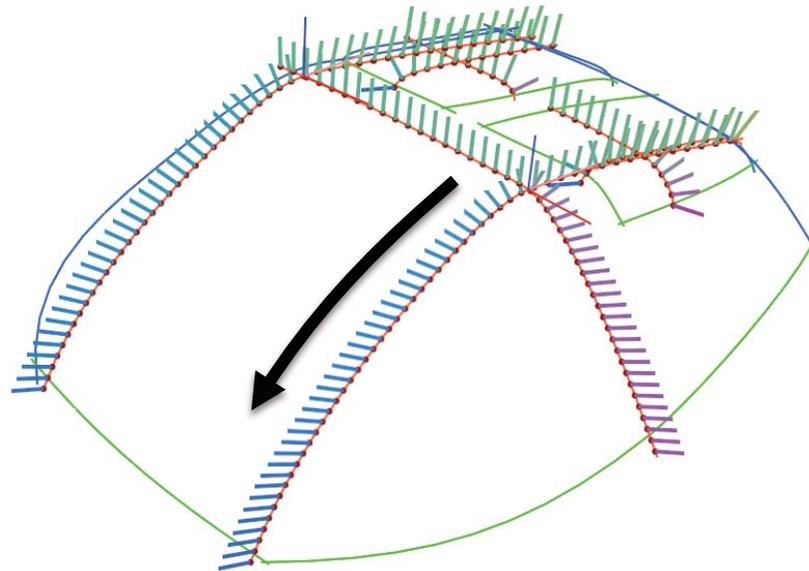
Estimation des plans de section



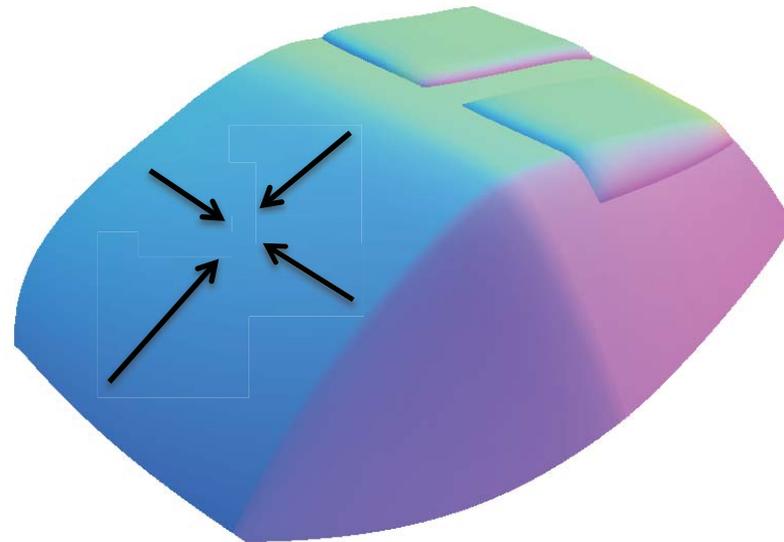
Normales aux intersections



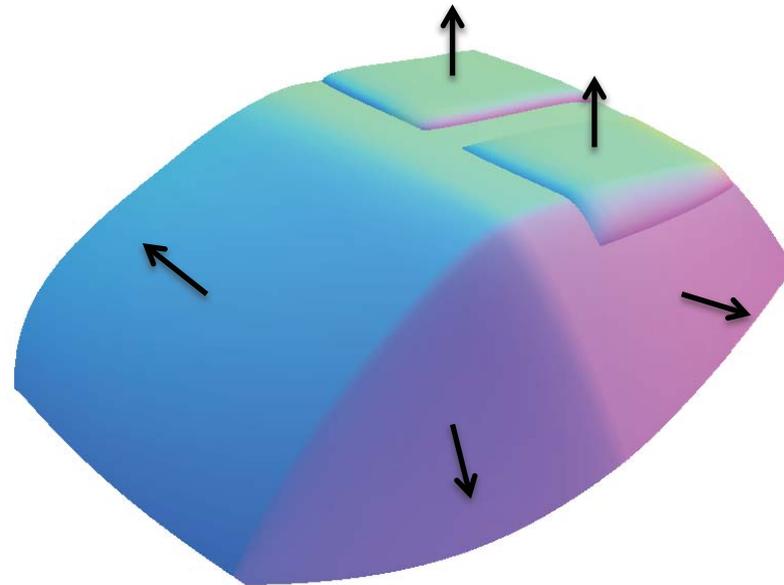
Propagation le long des courbes



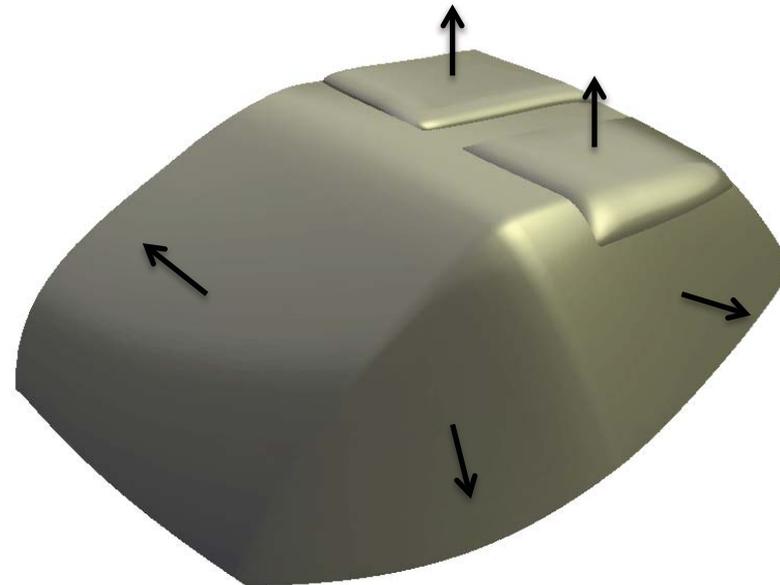
Propagation entre les courbes [Coons]



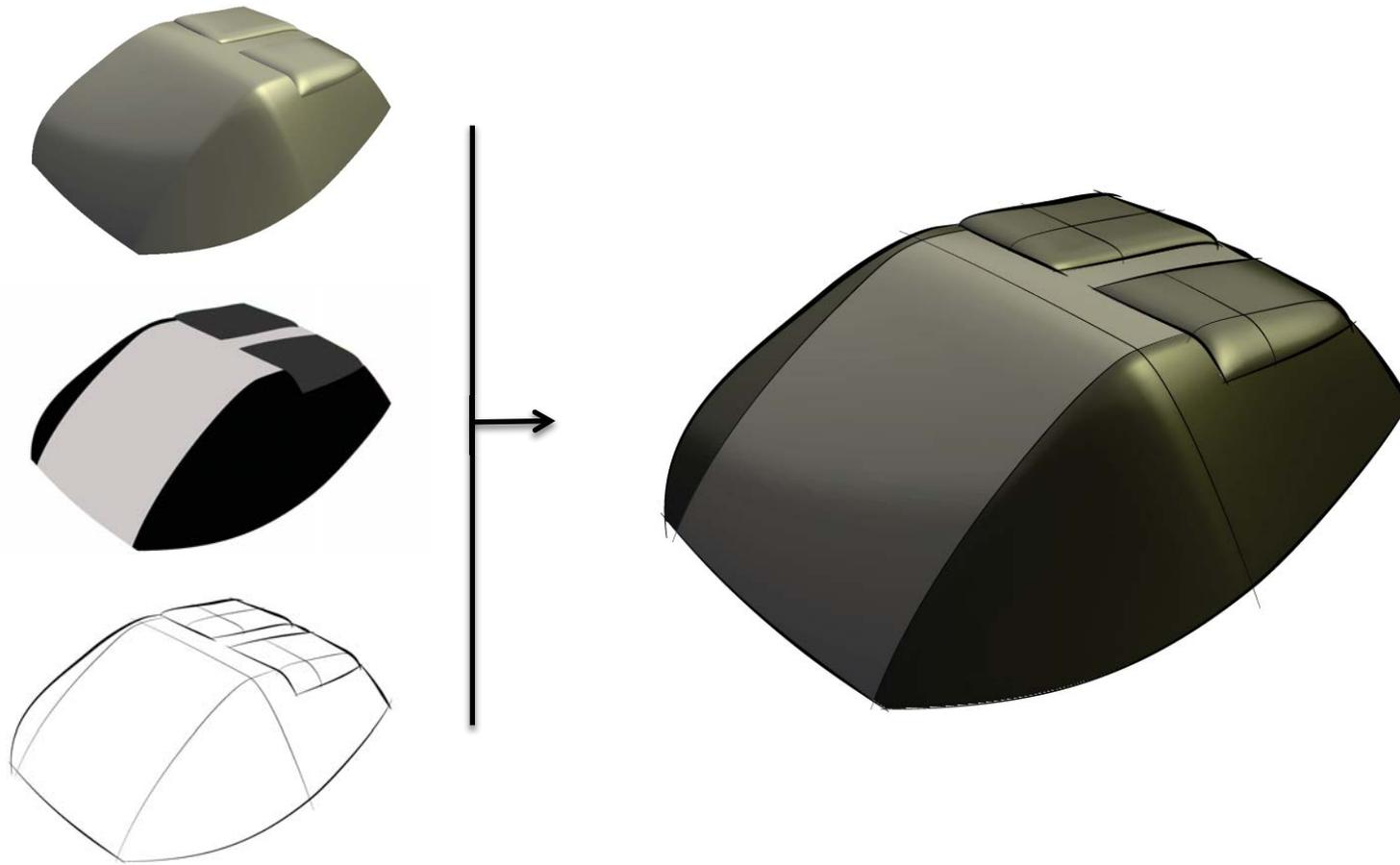
Champs de normales



Calcul de l'ombrage

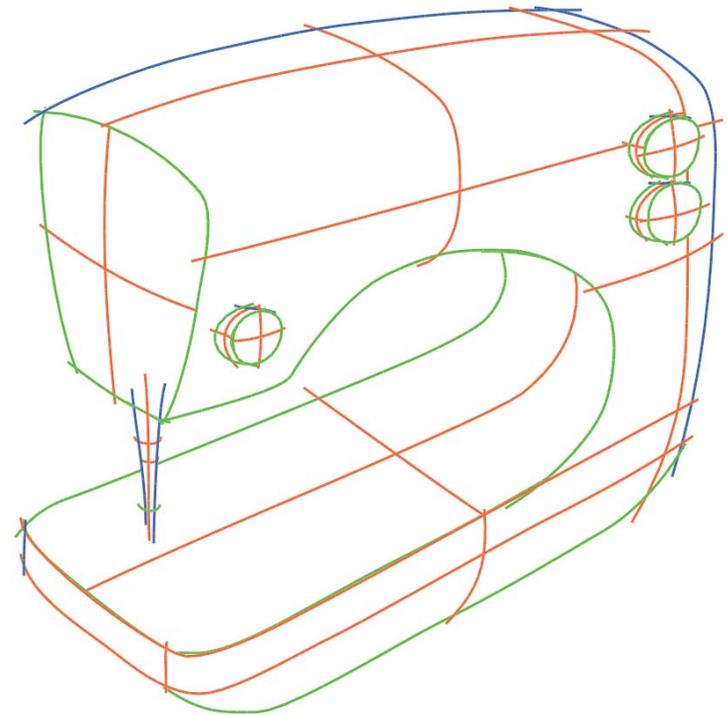
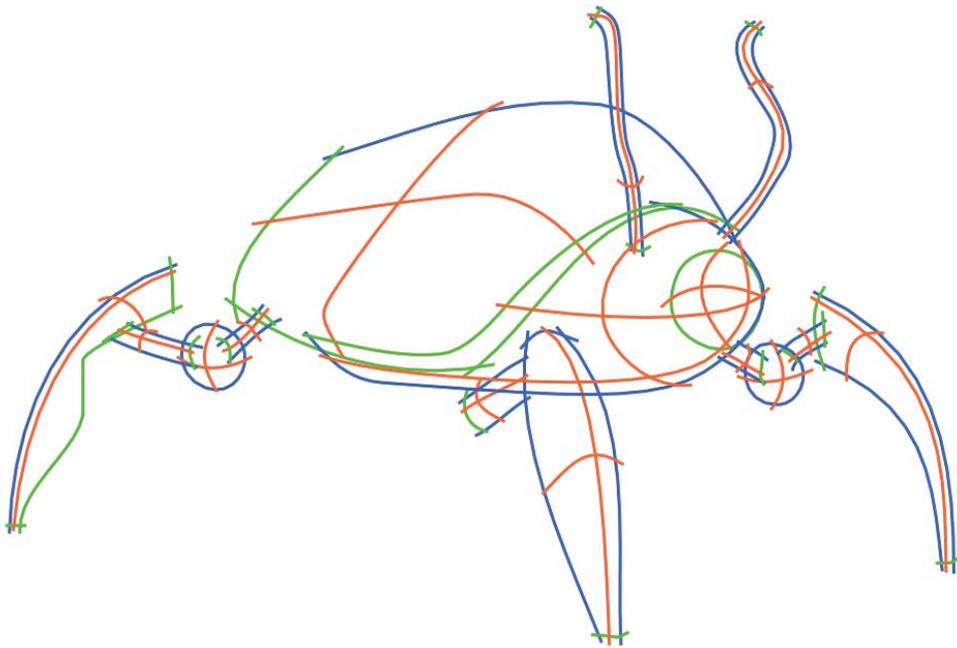


Ajout de couleurs et de lignes

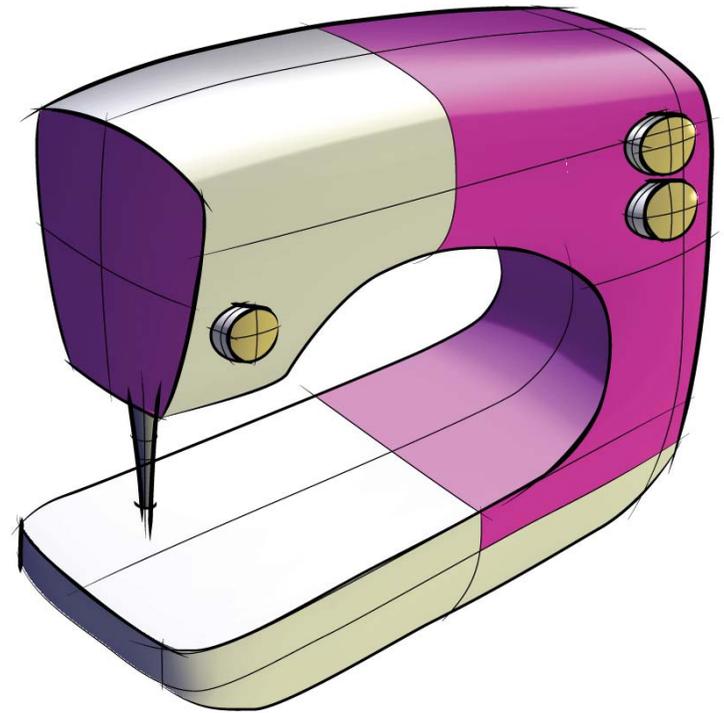




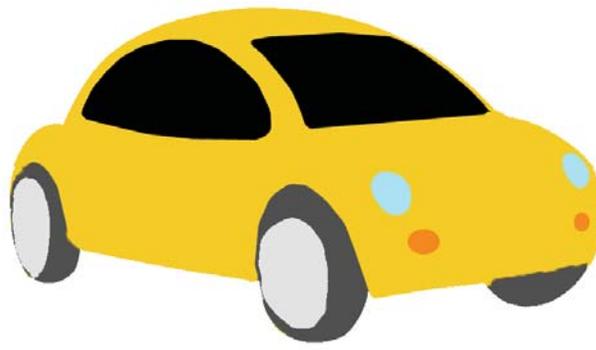
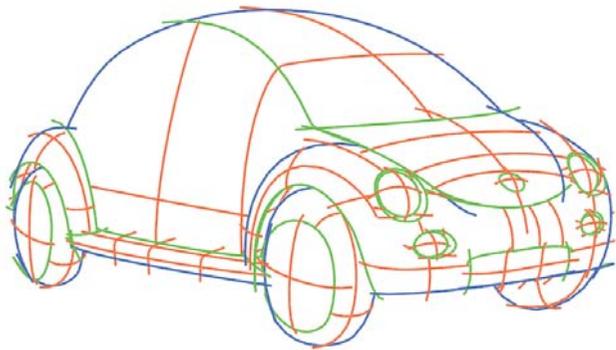
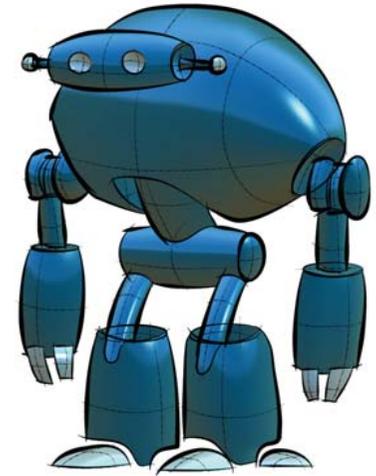
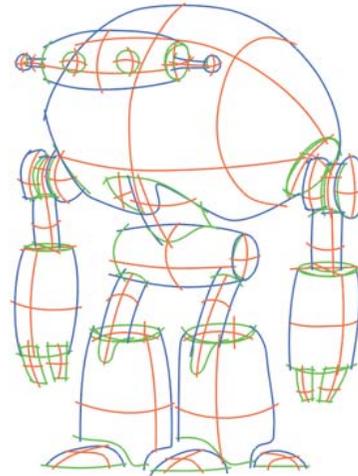
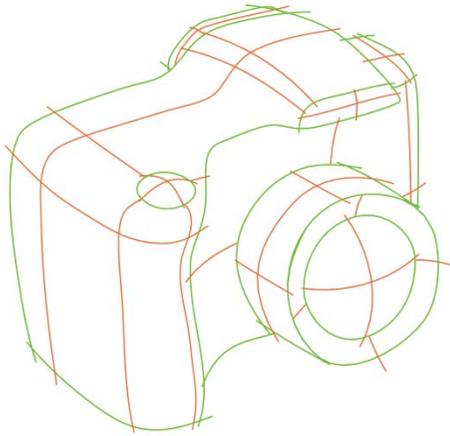
Résultats



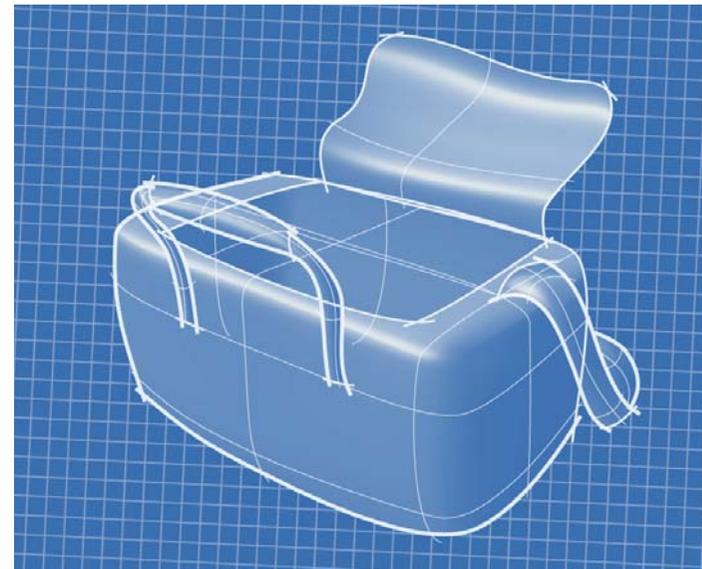
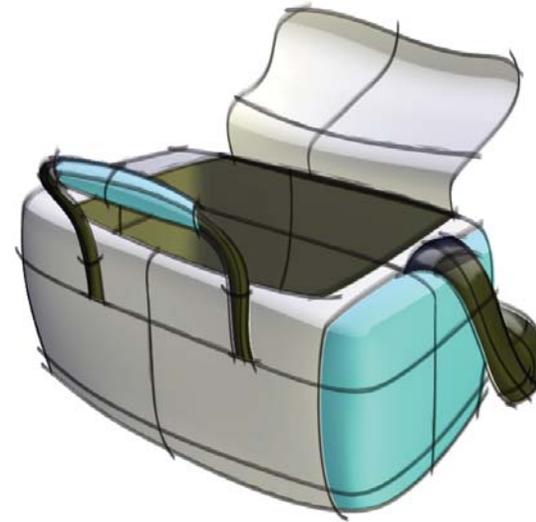
Résultats



Résultats supplémentaires



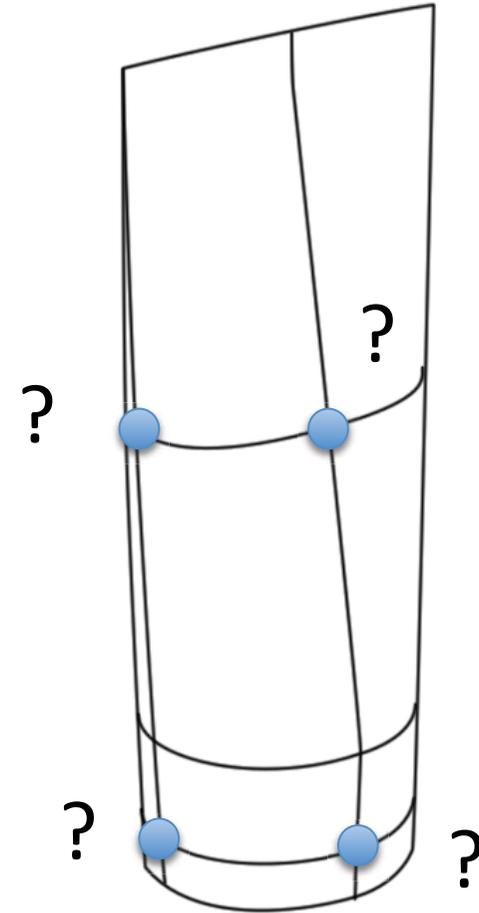
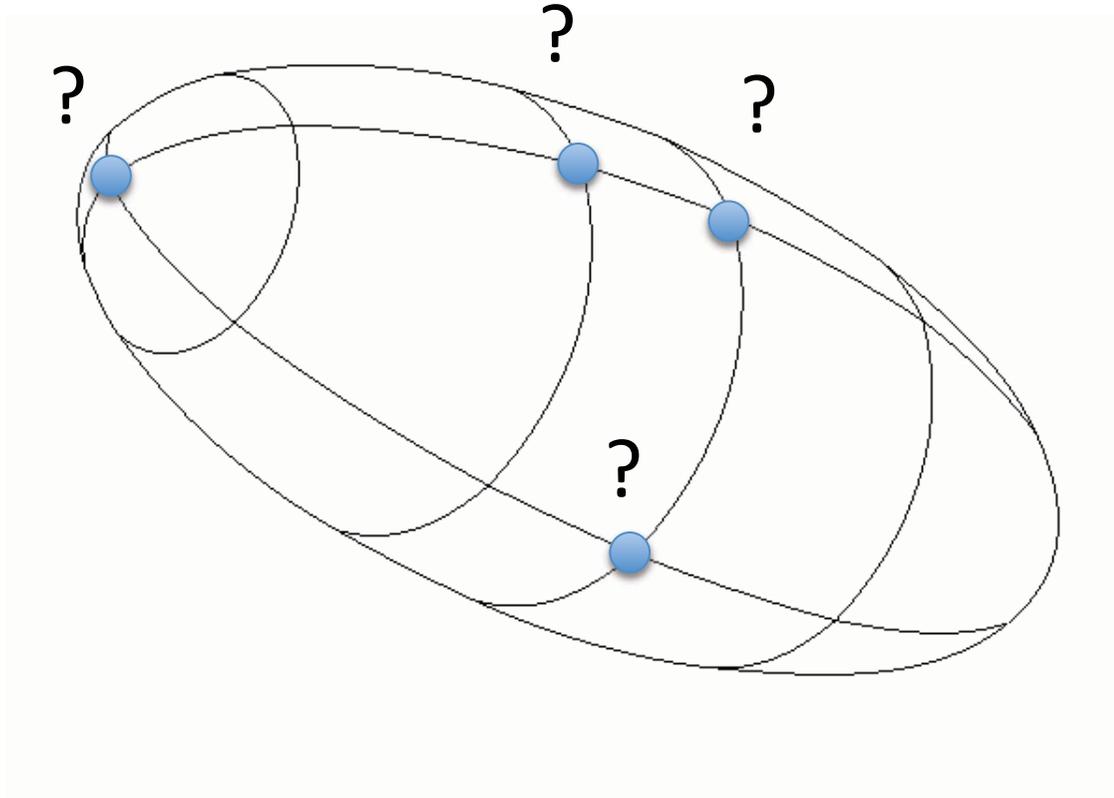
Variations d'apparence



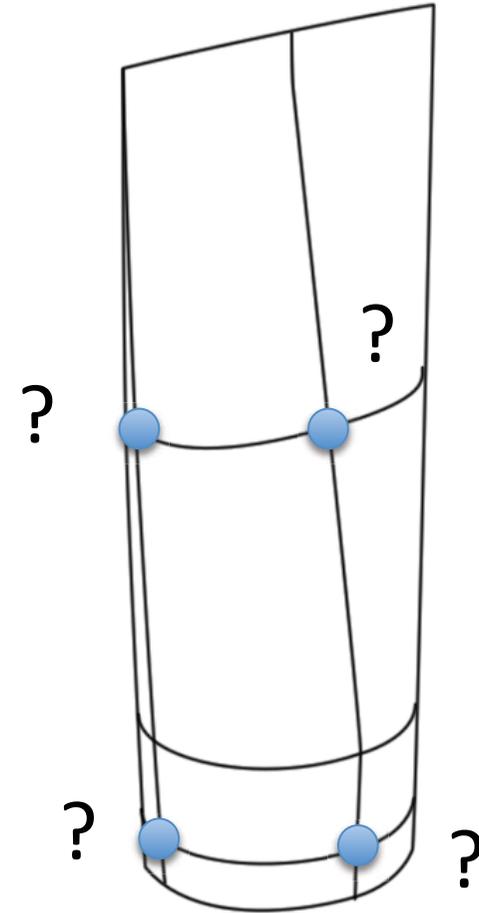
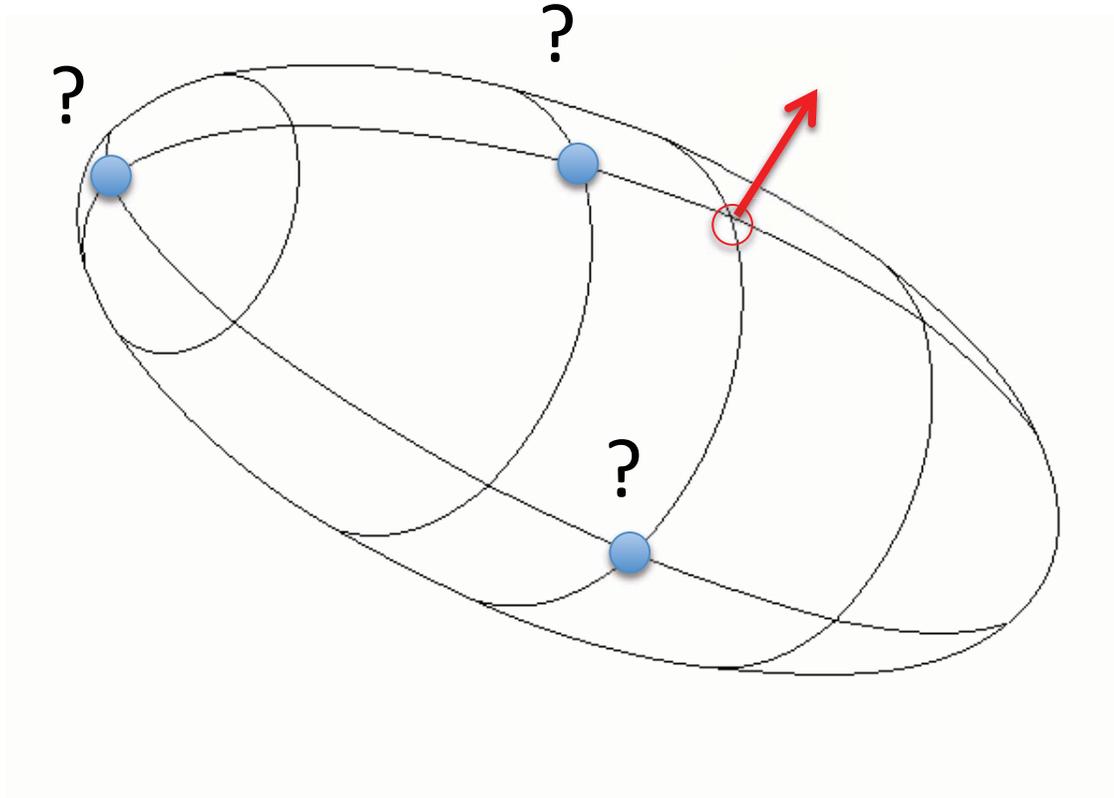
Méthodologie

- Propriétés mathématiques du dessin
 - Comment les designers dessinent ?
 - Comment perçoit-on les dessins ?
- Implémentation sous forme d'algorithmes
- **Validation avec études perceptuelles**

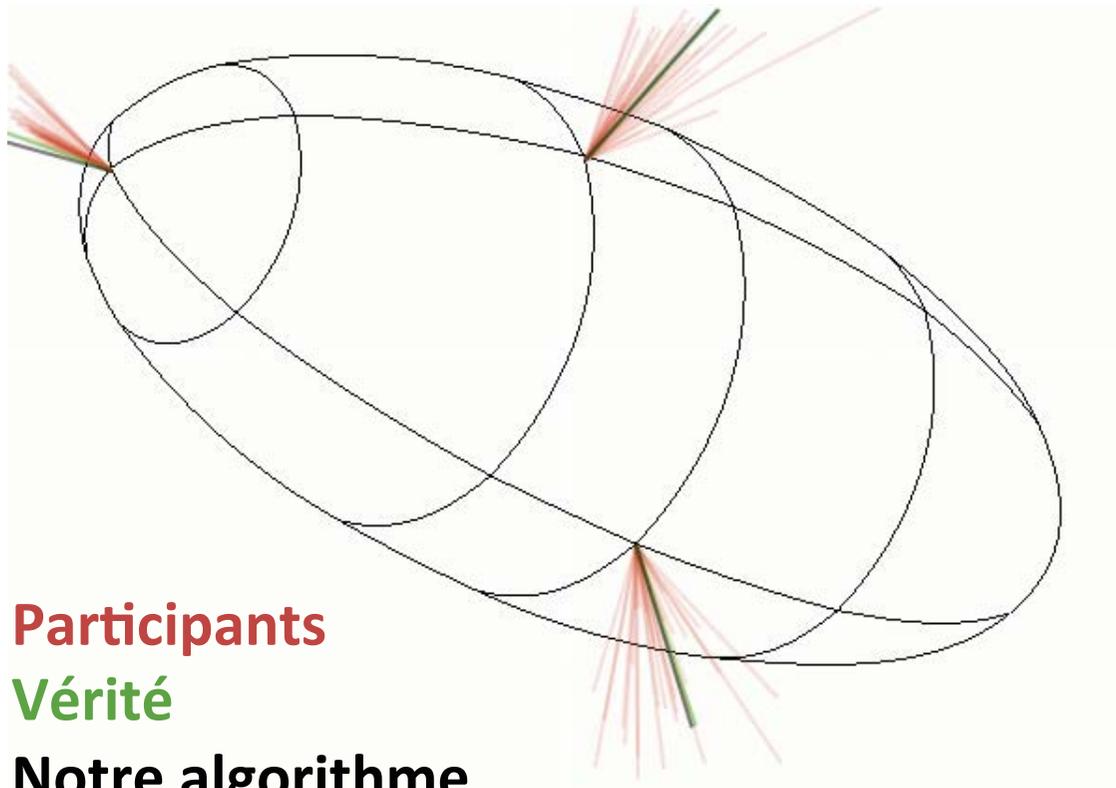
Validation perceptuelle



Validation perceptuelle



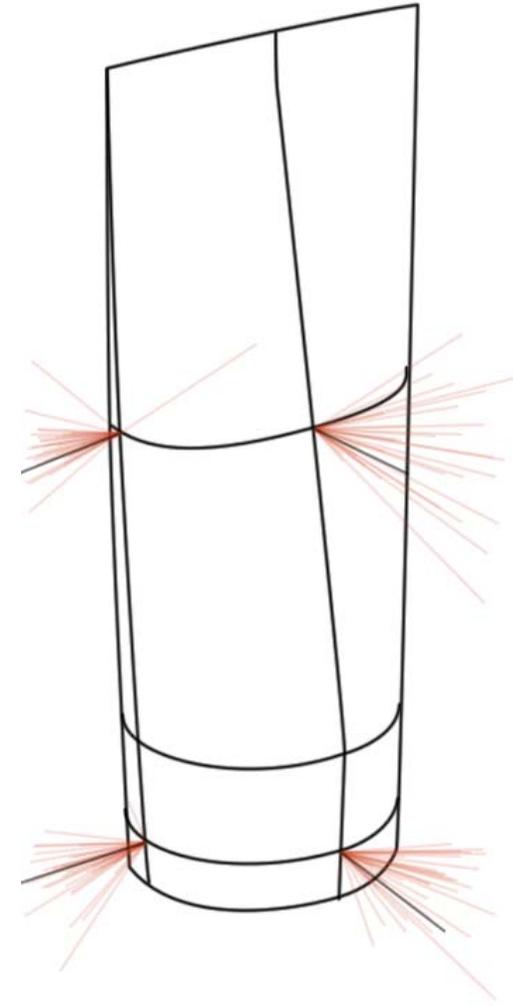
Validation perceptuelle



Participants

Vérité

Notre algorithme



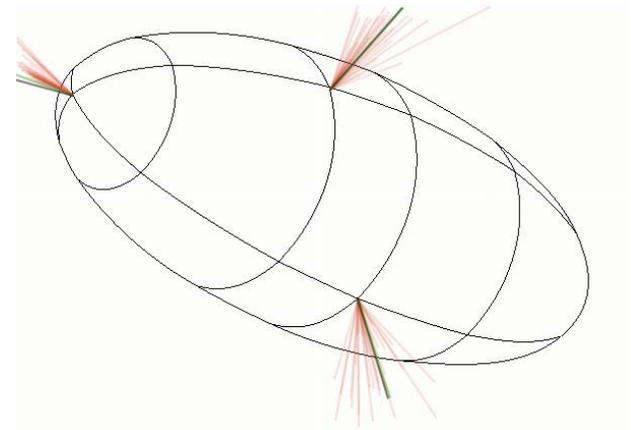
Validation perceptuelle

Différence médiane:

Différence entre participants 10.6°

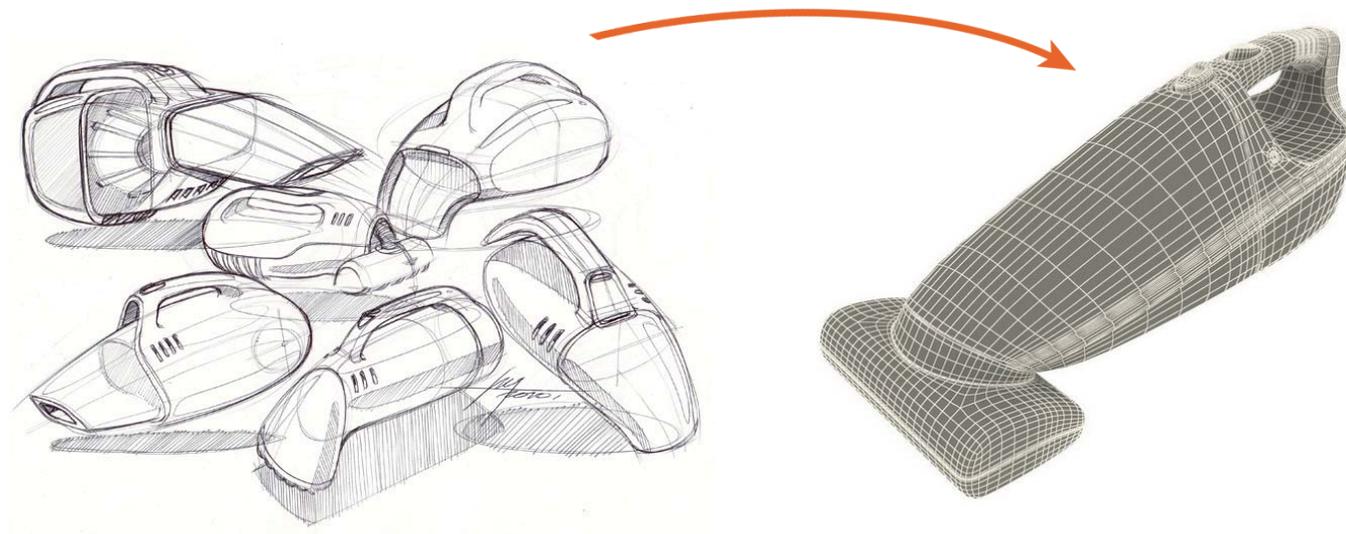
Erreur des participants 8.3°

Erreur de l'algorithme 2.3°



Pour aller plus loin...

- A quel objet 3D correspondent ces normales?



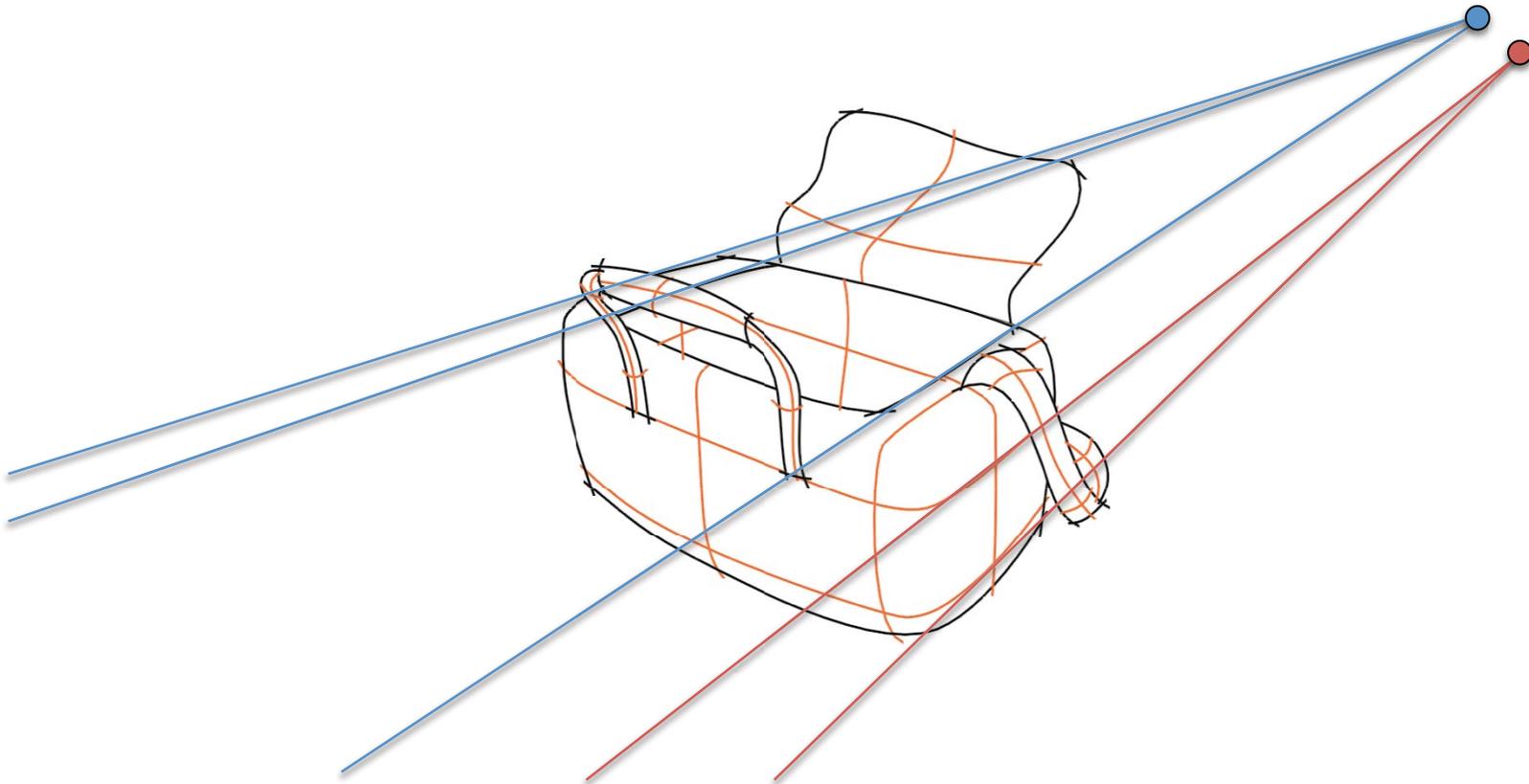
Pour aller plus loin...

- A quel objet 3D correspondent ces normales?
- Les dessins sont trop imprécis



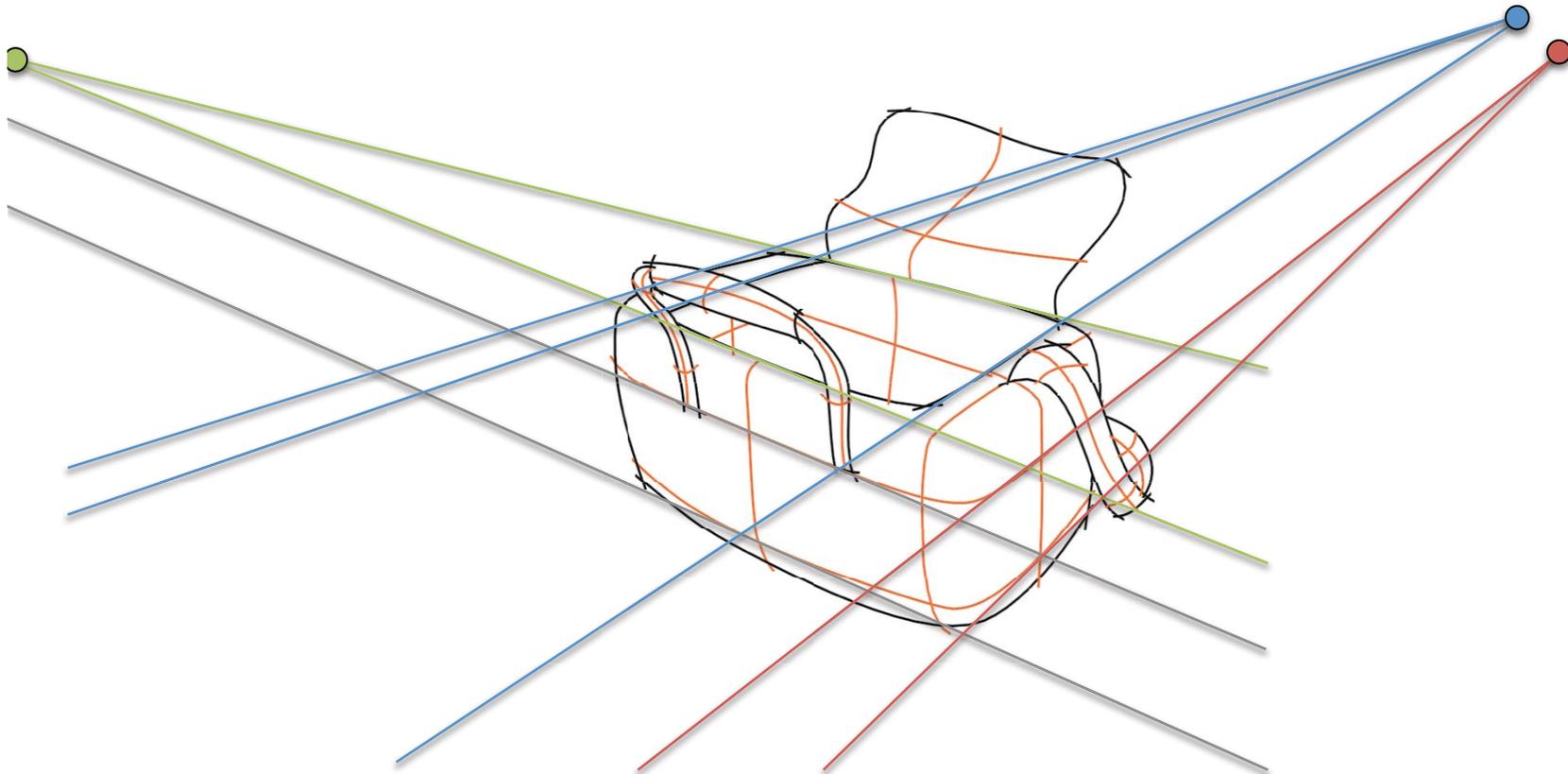
Pour aller plus loin...

- A quel objet 3D correspondent ces normales?
- Les dessins sont trop imprécis



Pour aller plus loin...

- A quel objet 3D correspondent ces normales?
- Les dessins sont trop imprécis



True2Form

3D Curve Networks from 2D Sketches via Selective Regularization

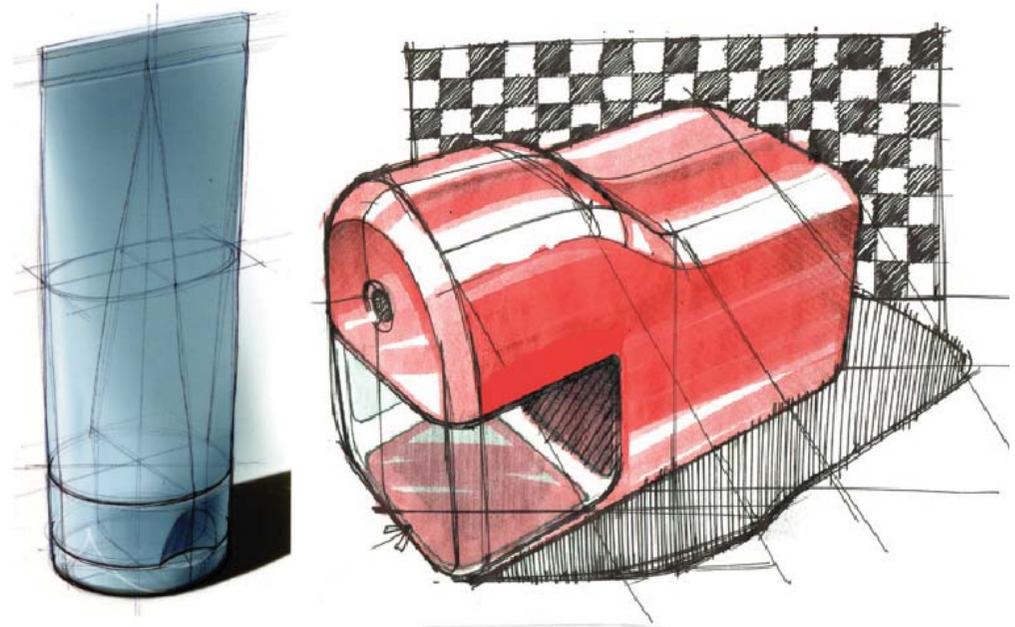
Baoxuan Xu¹, William Chang¹, Alla Sheffer¹,
Adrien Bousseau², James McCrae³, Karan Singh³

SIGGRAPH 2014



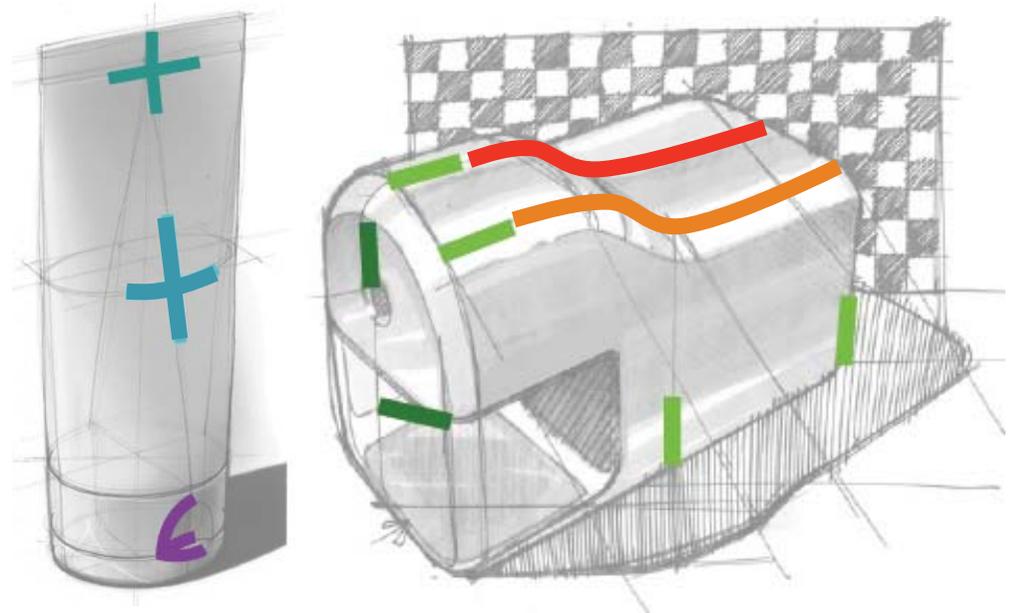
Ajouter de la régularité

- Indices de régularité



Ajouter de la régularité

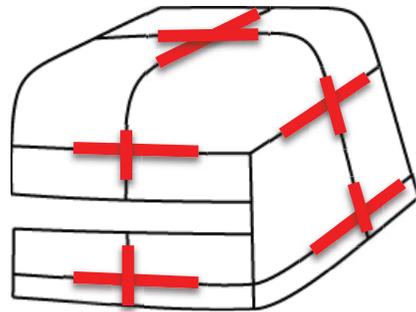
- Indices de régularité
 - Perpendiculaire
 - Parallèle
 - Symétrie
 - Planaire



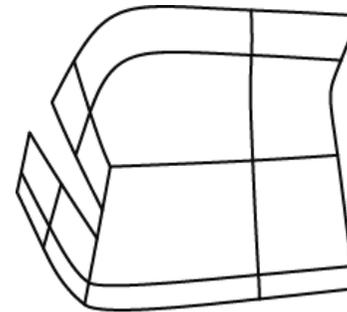
- Difficulté: quand appliquer les contraintes?

Reconstruction progressive

1. Applique d'abord la perpendicularité



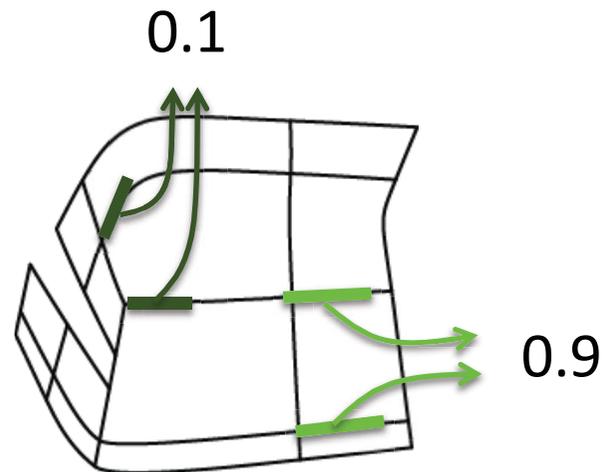
Dessin



Reconstruction 3D
vue de coté

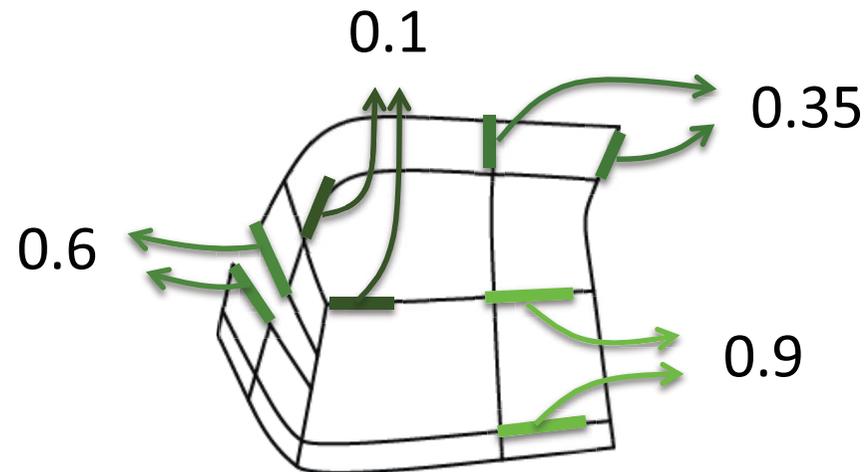
Reconstruction progressive

1. Applique d'abord la perpendicularité
2. Mesure la régularité en 3D (ici parallélisme)



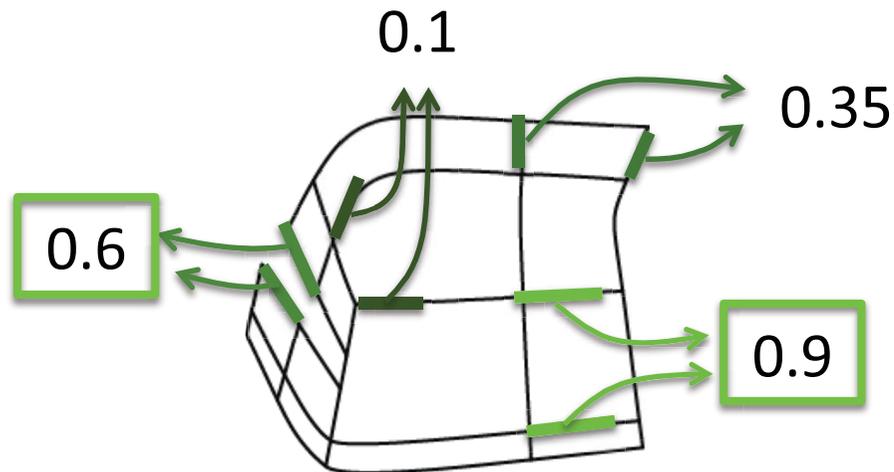
Reconstruction progressive

1. Applique d'abord la perpendicularité
2. Mesure la régularité en 3D (ici parallélisme)



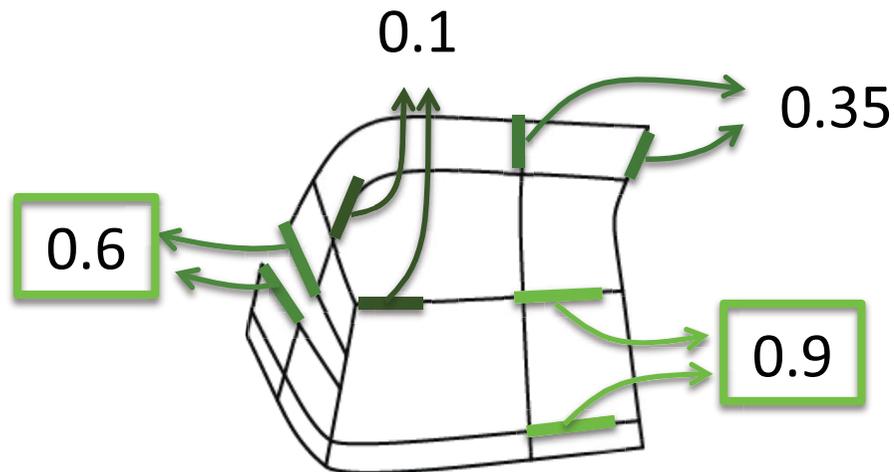
Reconstruction progressive

1. Applique d'abord la perpendicularité
2. Mesure la régularité en 3D
3. Fixer un seuil?



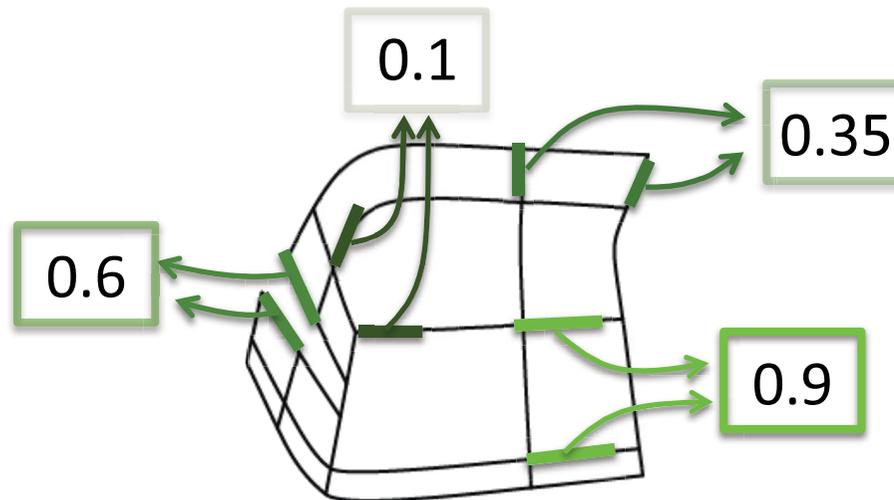
Reconstruction progressive

1. Applique d'abord la perpendicularité
2. Mesure la régularité en 3D
3. ~~Fixer un seuil?~~ Arbitraire, trop strict



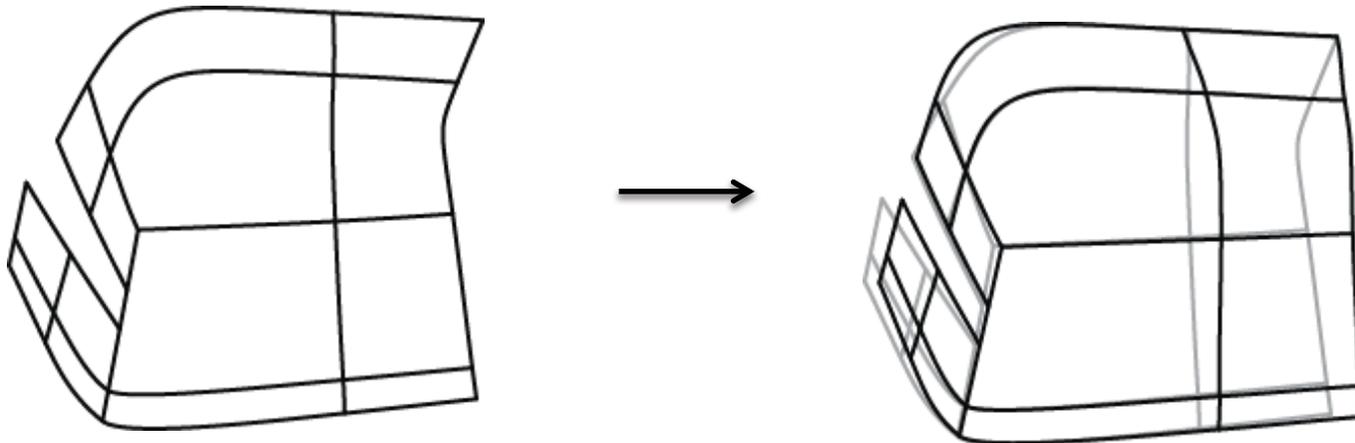
Reconstruction progressive

1. Applique d'abord la perpendicularité
2. Mesure la régularité en 3D
3. Indice de confiance sur la régularité



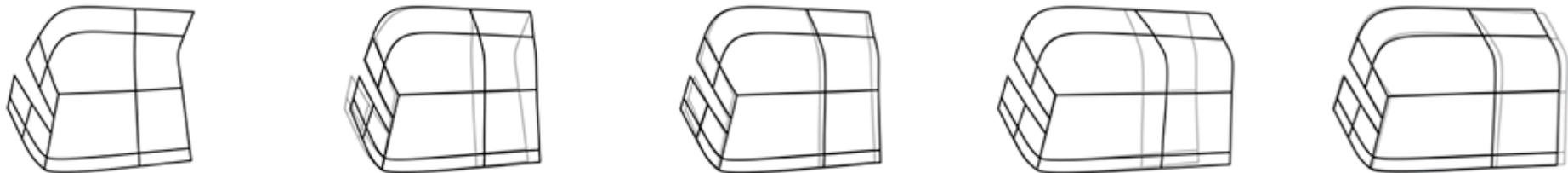
Reconstruction progressive

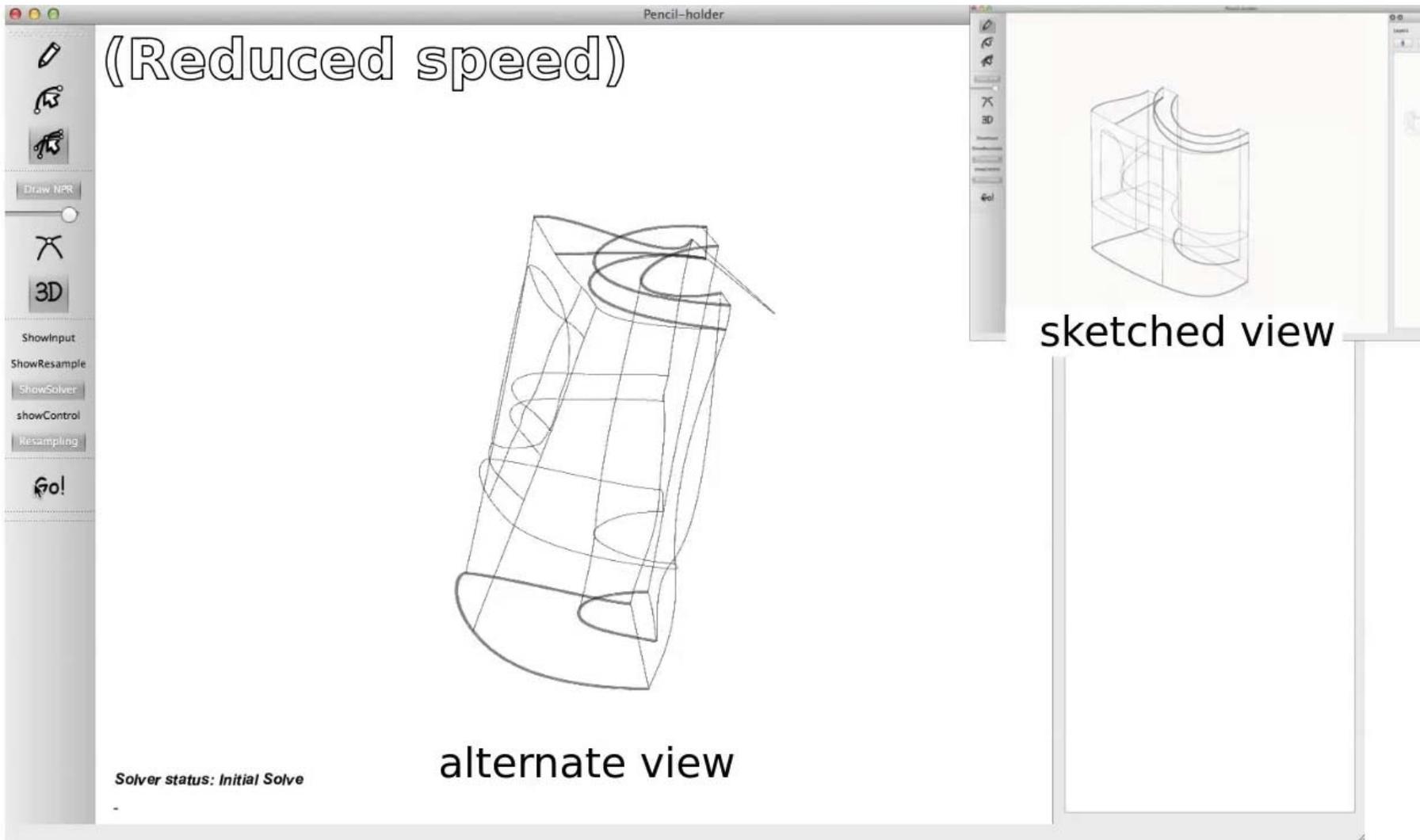
1. Applique d'abord la perpendicularité
2. Mesure la régularité en 3D
3. Indice de confiance sur la régularité



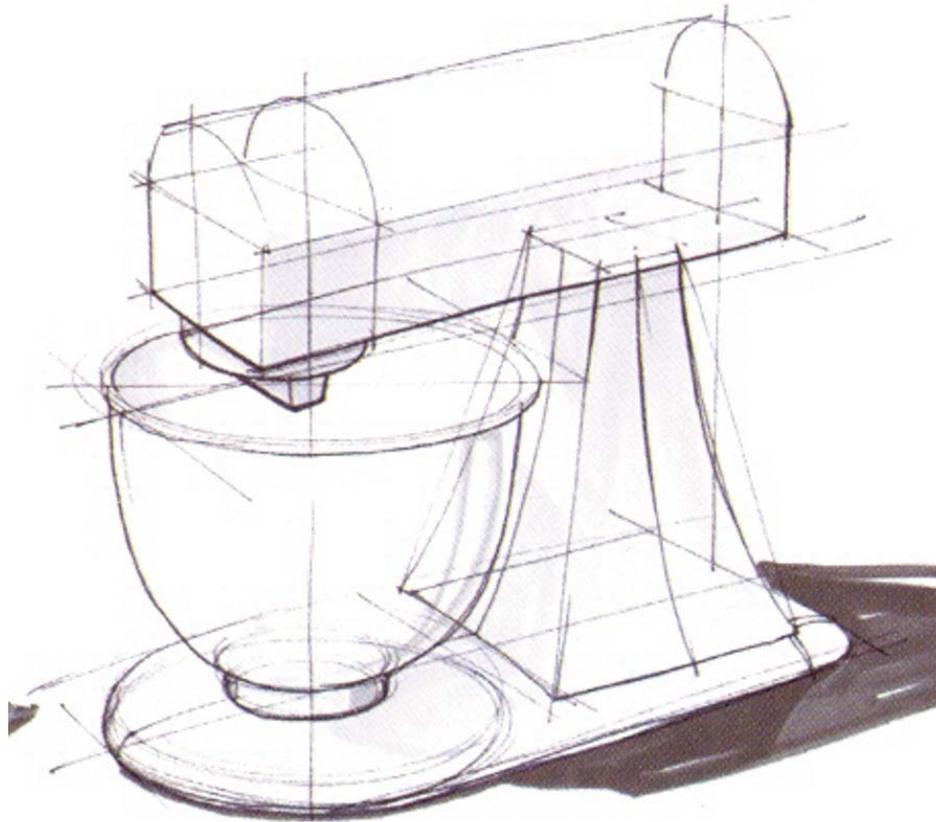
Reconstruction progressive

1. Applique d'abord la perpendicularité
2. Mesure la régularité en 3D
3. Indice de confiance sur la régularité
4. Répète jusqu'à stabilité



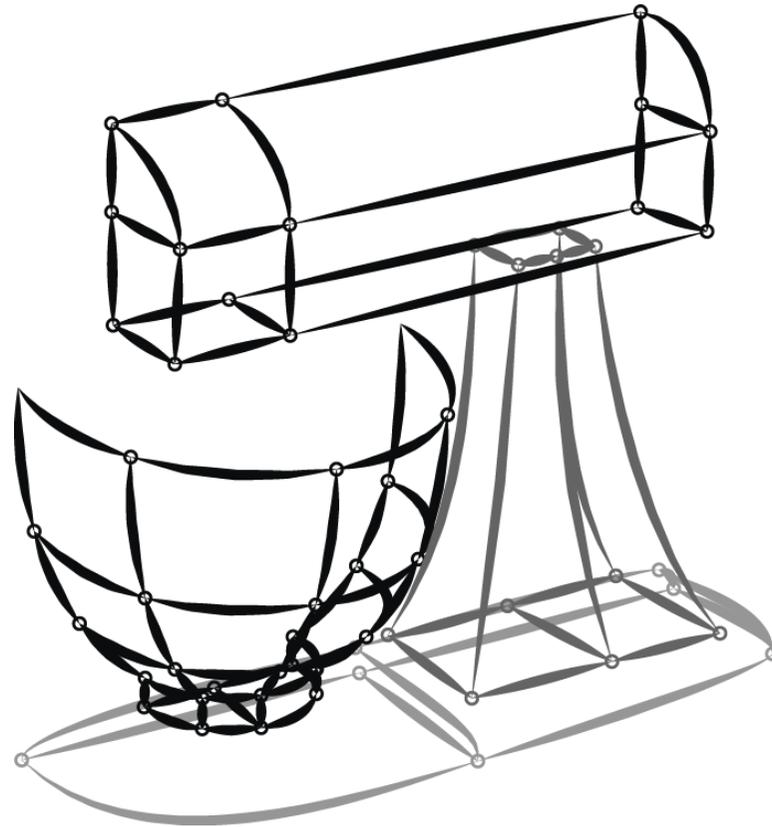


Inspiration

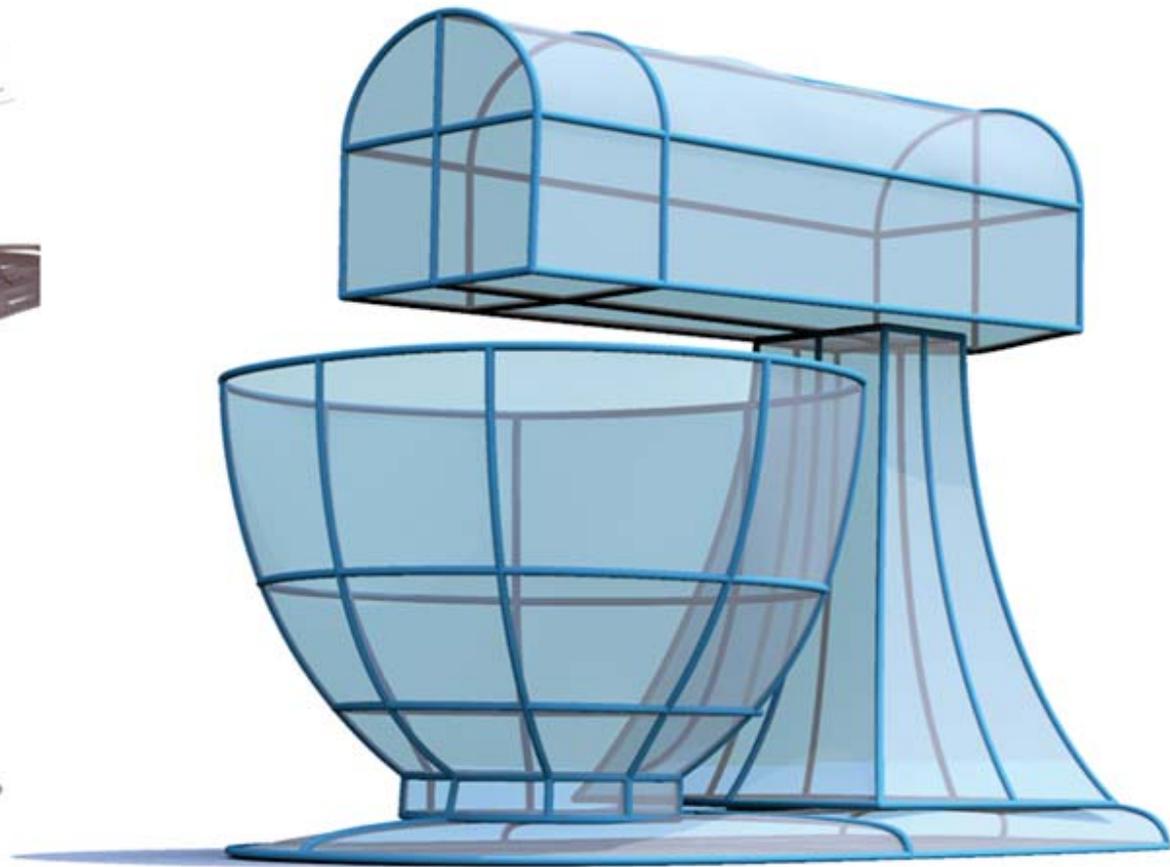
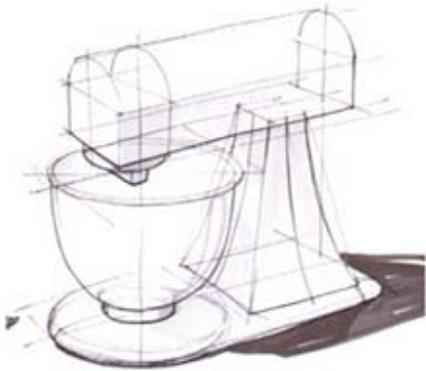


[Eissen et Steur 2008, 2011]

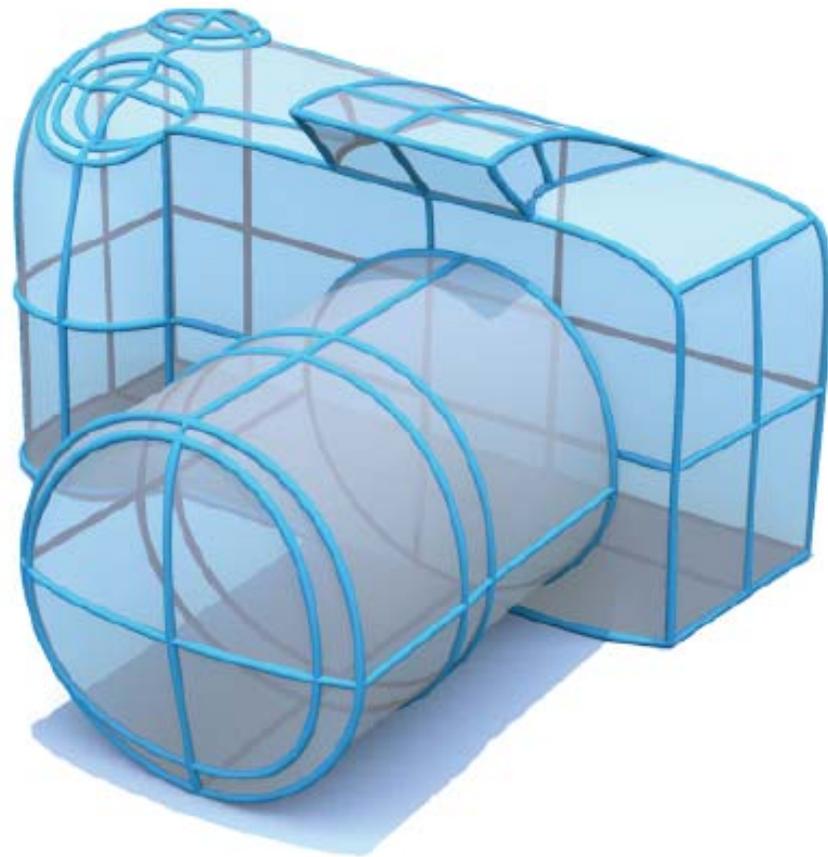
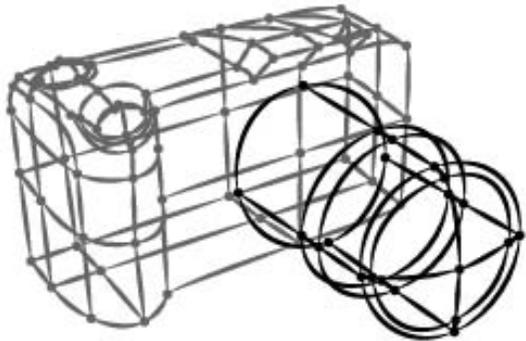
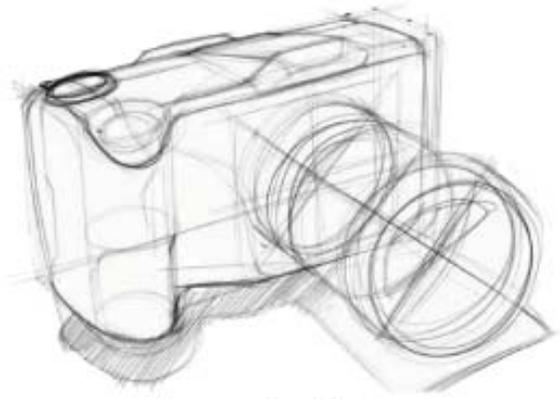
Courbes tracées



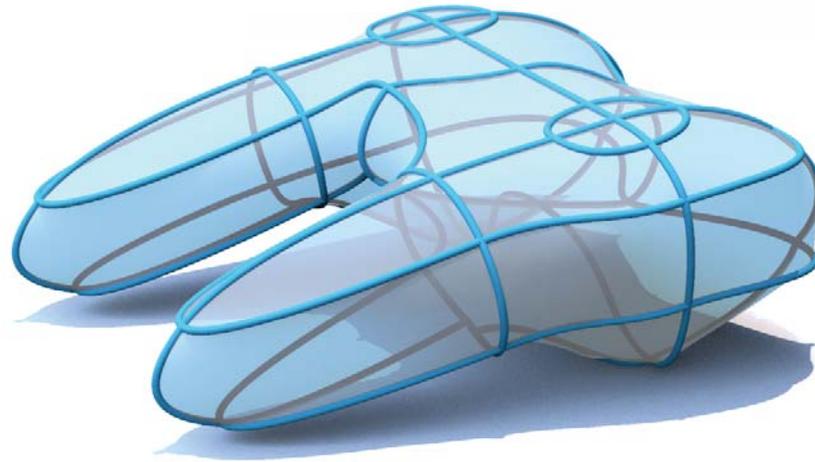
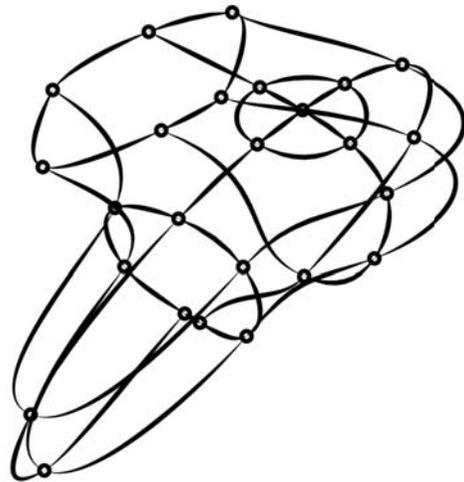
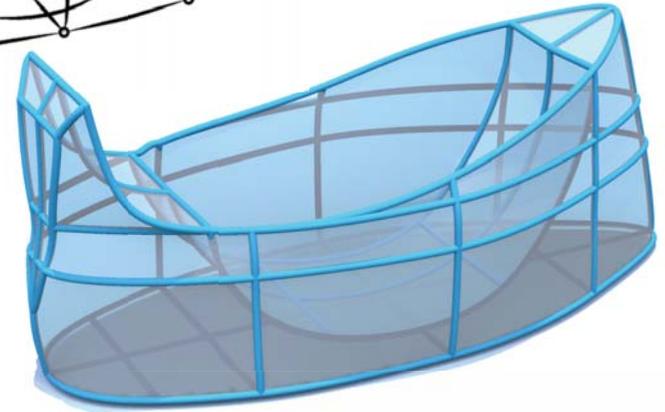
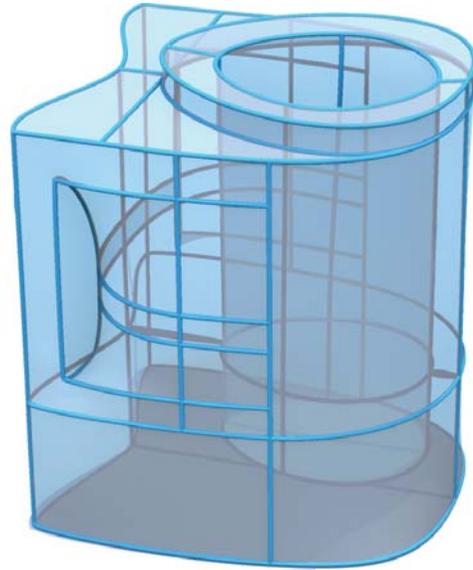
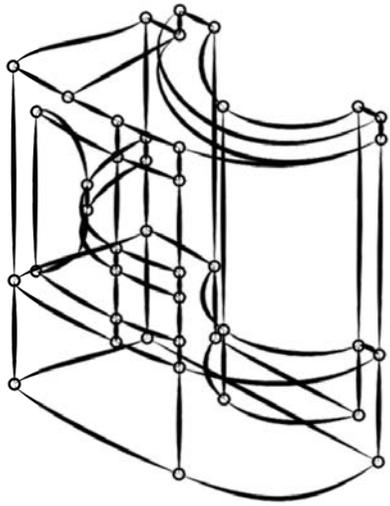
Résultats



Résultats



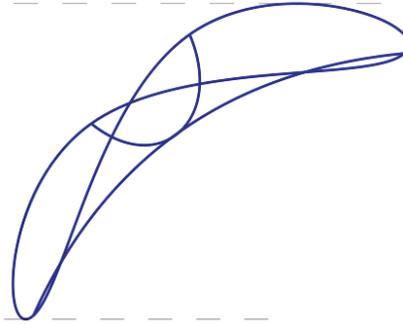
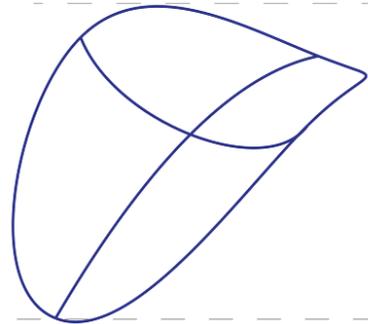
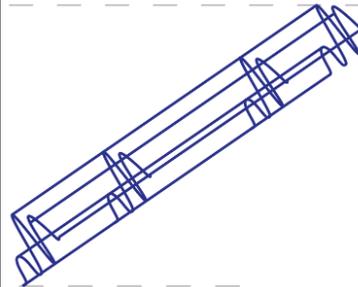
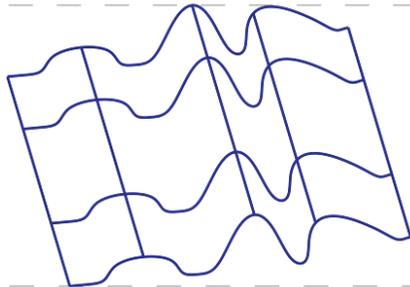
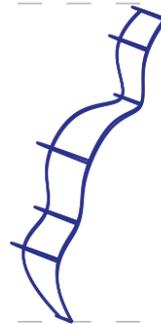
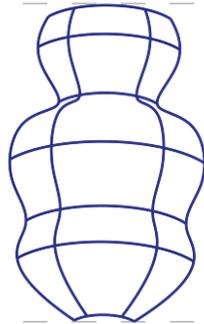
Résultats



Validation

Croquis

Référence
vue de coté

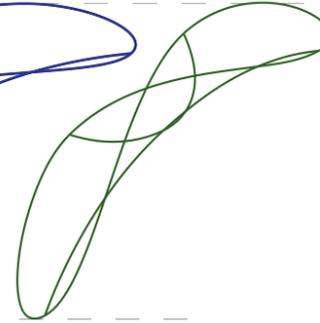
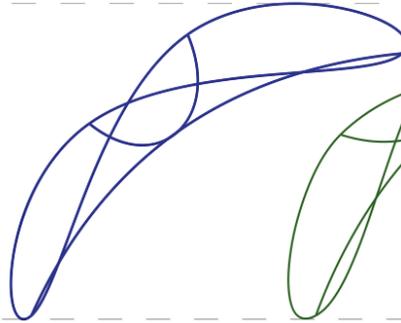
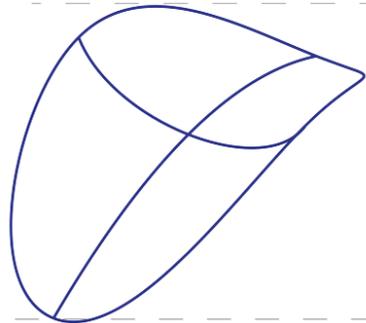
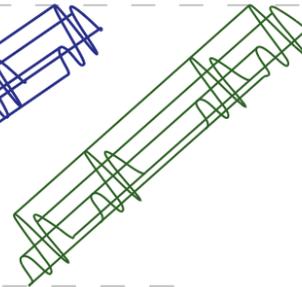
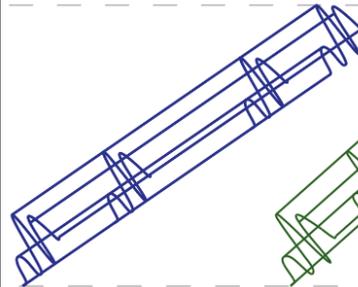
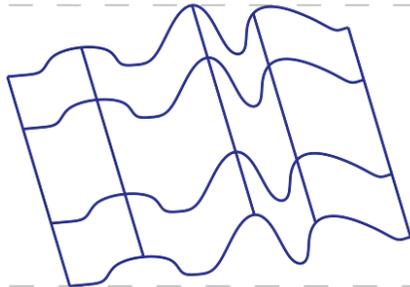
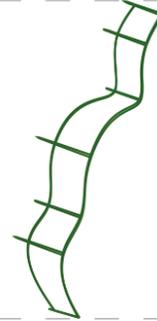
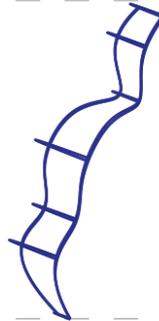
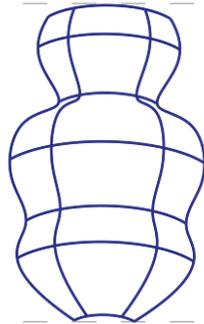


Validation

Croquis

Référence
vue de coté

Résultat



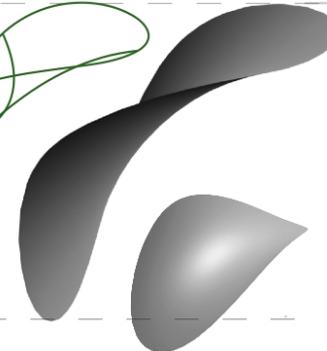
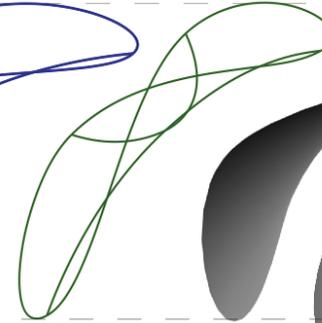
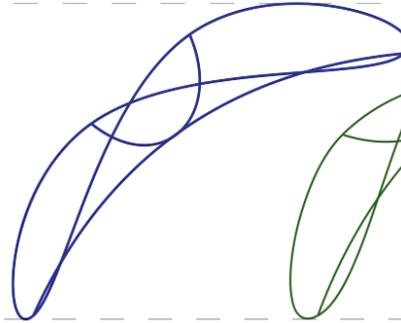
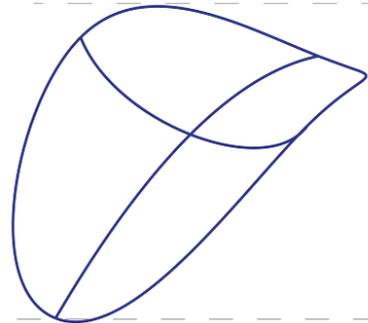
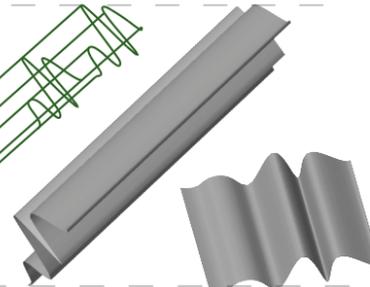
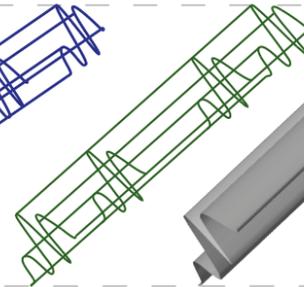
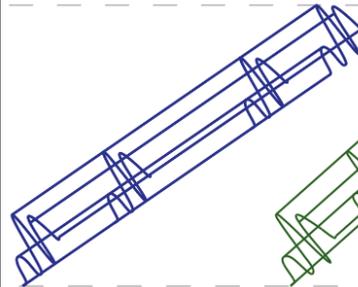
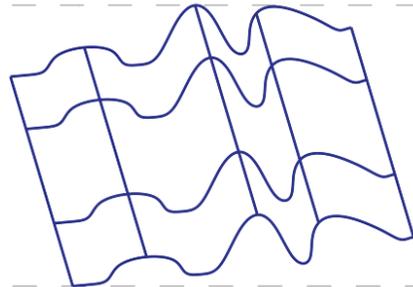
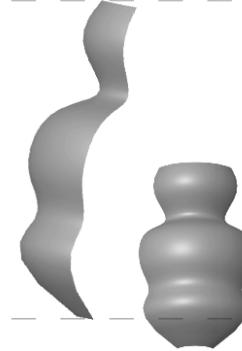
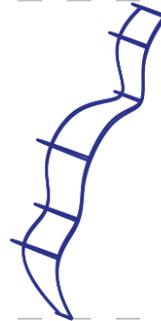
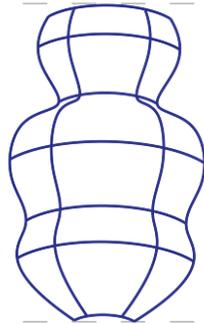
Validation

Croquis

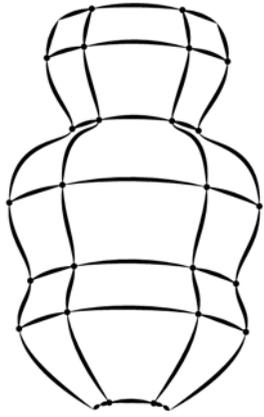
Référence
vue de coté

Résultat

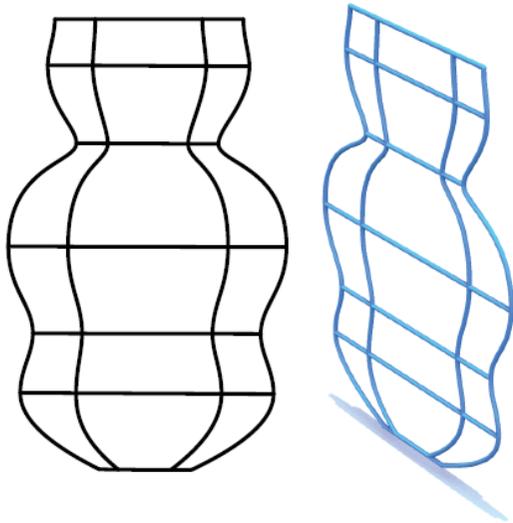
Interprétation
d'artiste



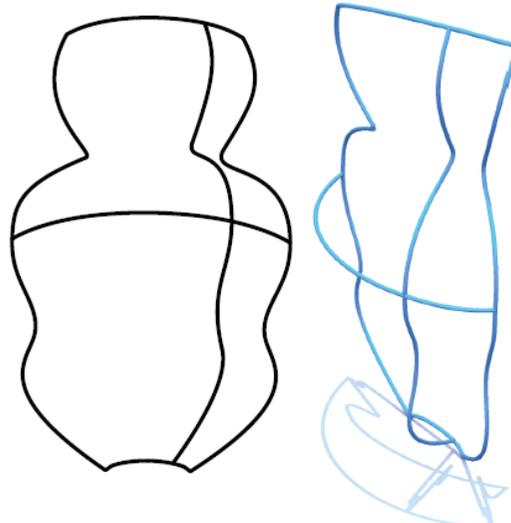
Limitations



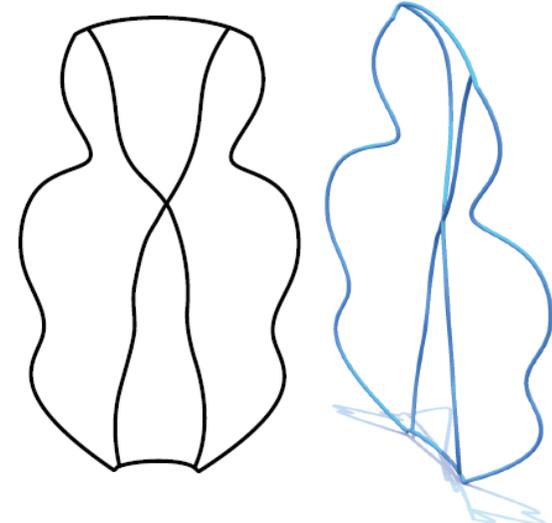
But



Vue accidentelle

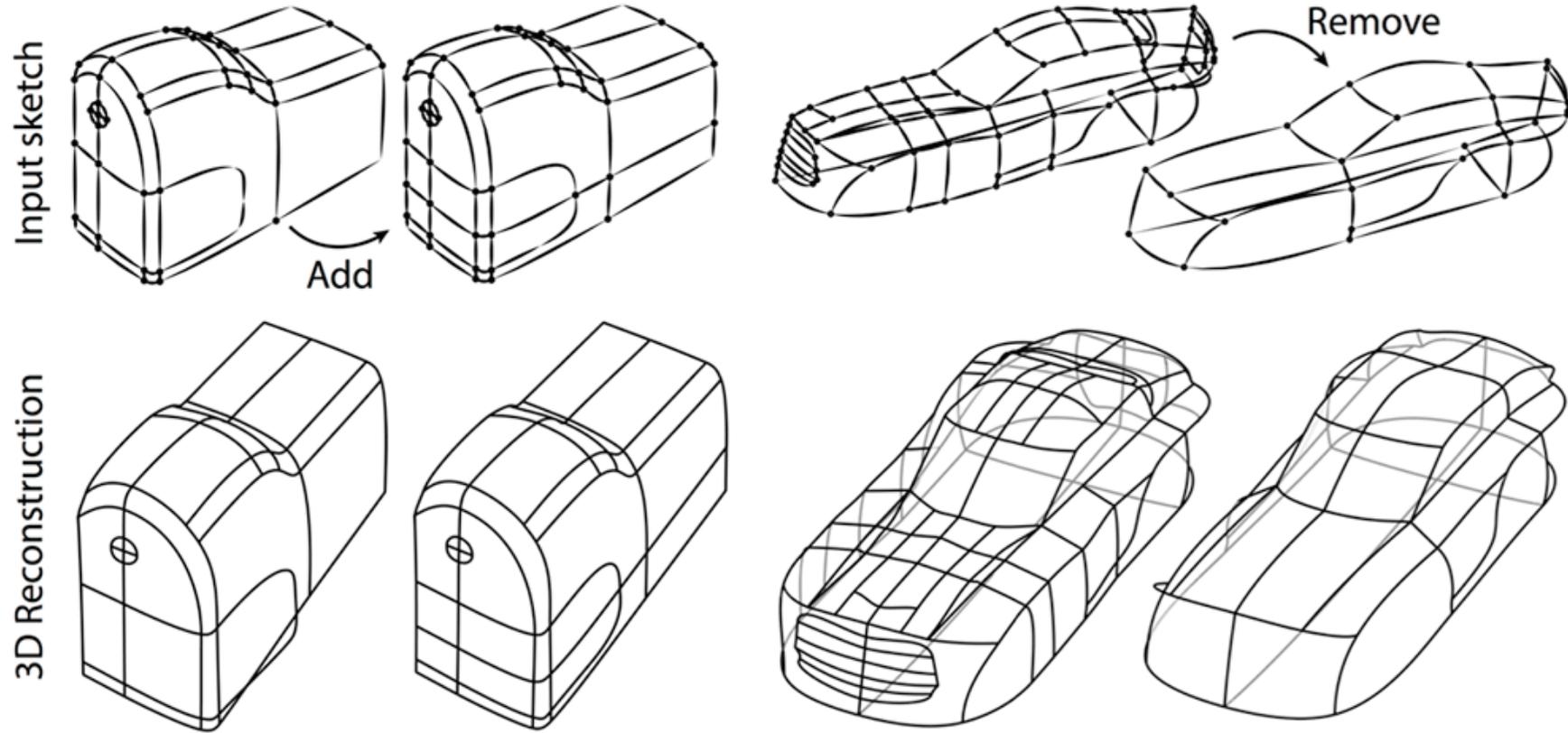


Trop peu de courbes

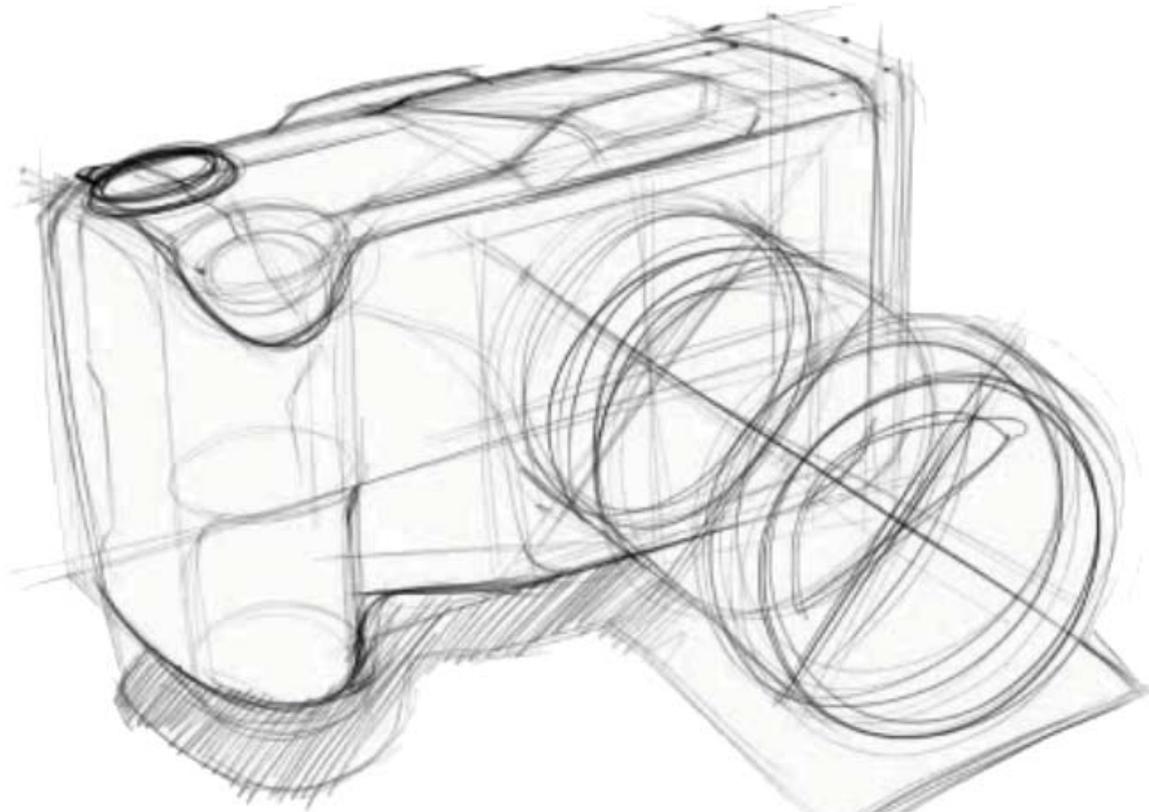


Courbes
non orthogonales

Robustesse



Les croquis sont souvent composés de multiples coups de crayons



BendFields

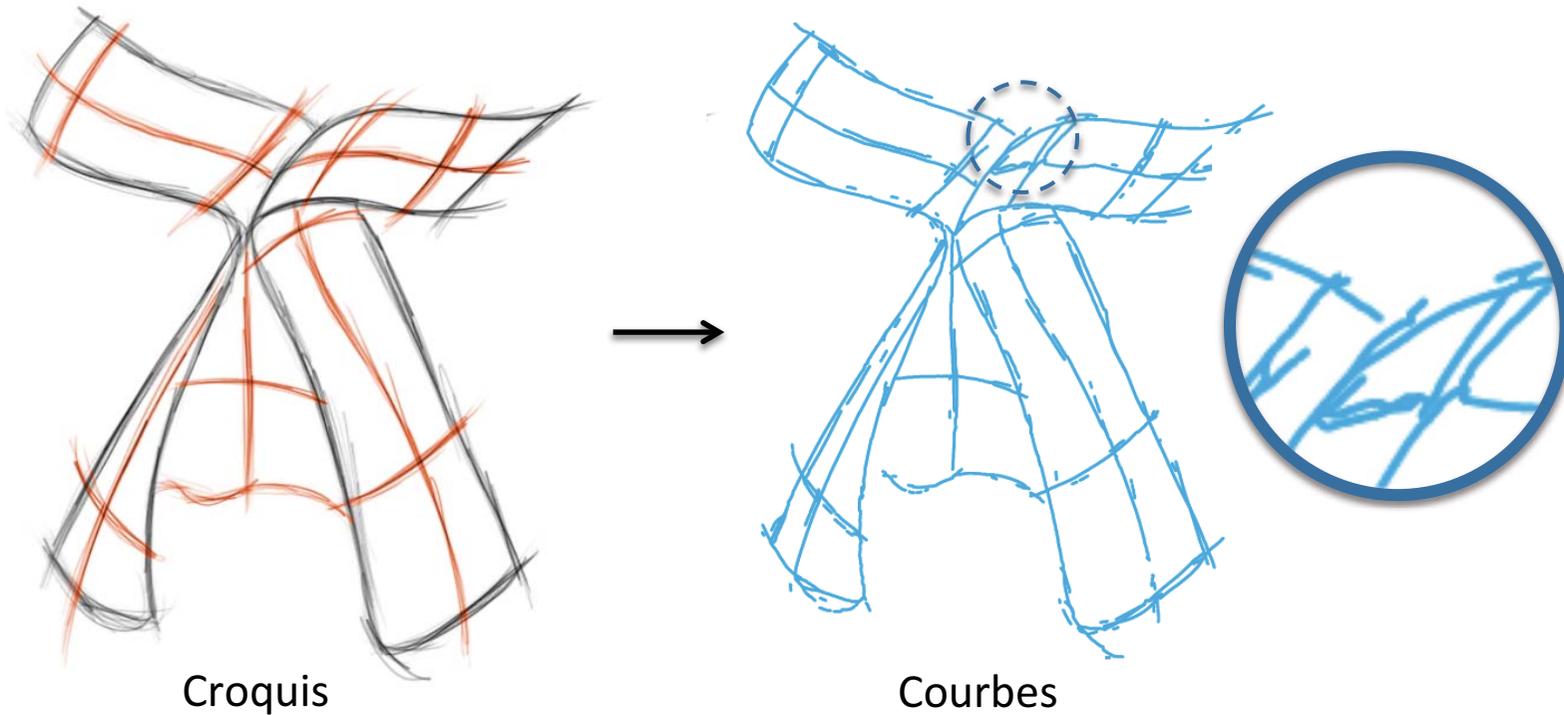
Regularized Curvature Fields from Rough Concept Sketches

Emmanuel Iarussi, David Bommes, Adrien Bousseau

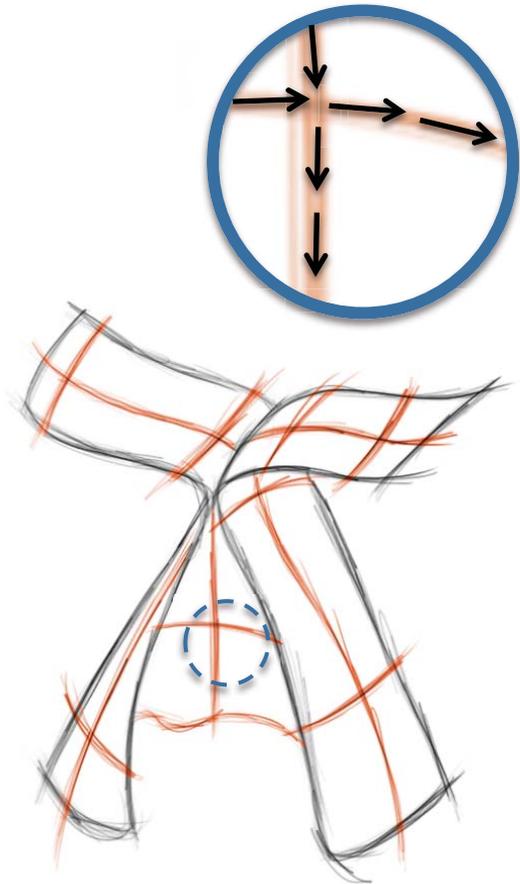
ACM Transactions on Graphics 2015



Conversion automatique produit des courbes bruitées

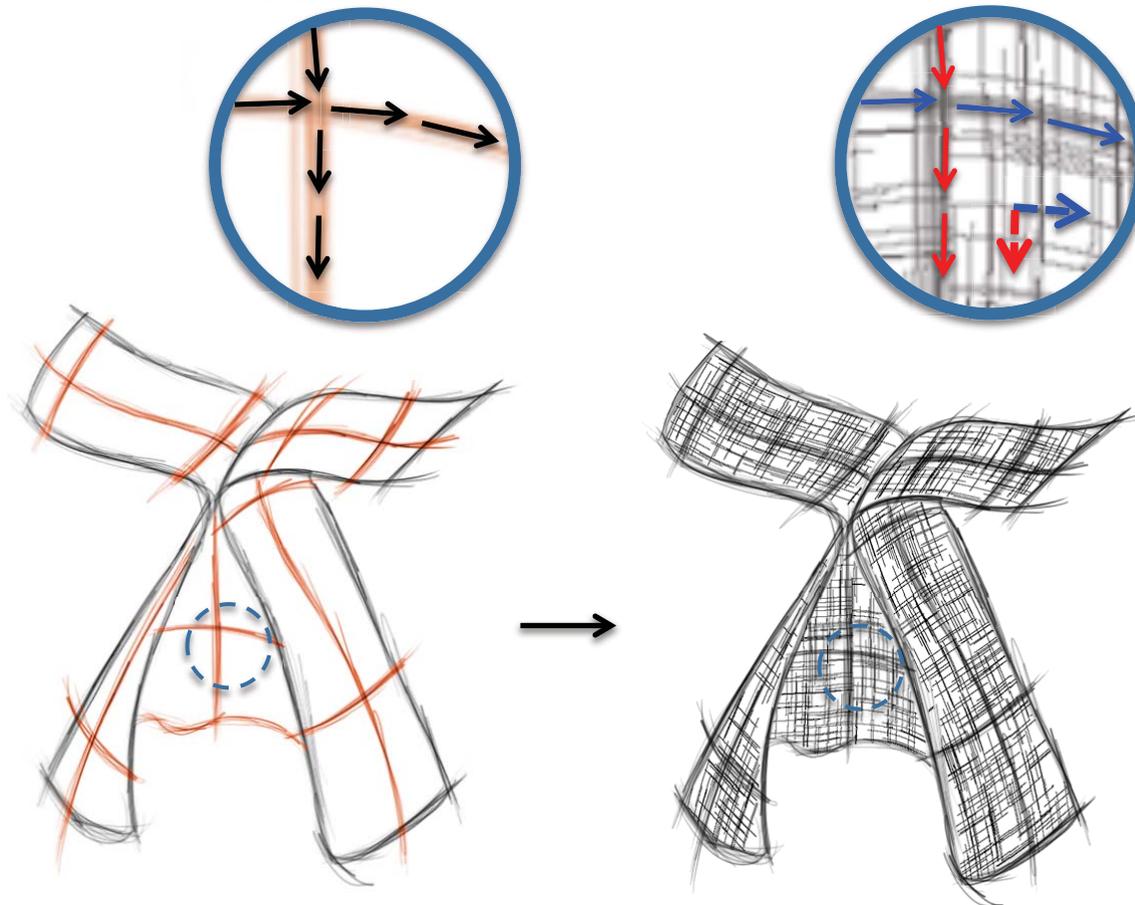


Algorithme basé sur les pixels



Directions des coups
de crayons

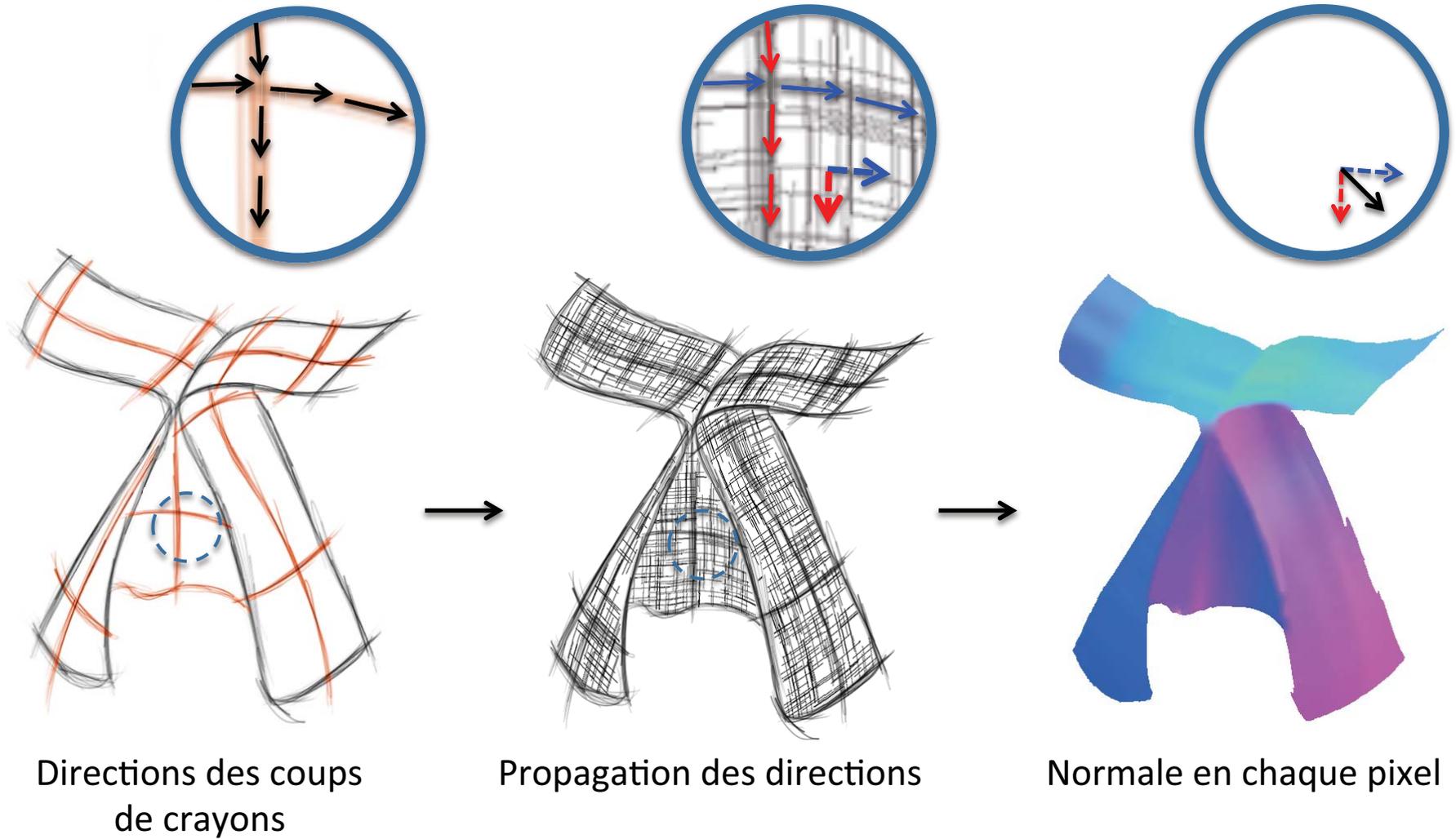
Algorithme basé sur les pixels



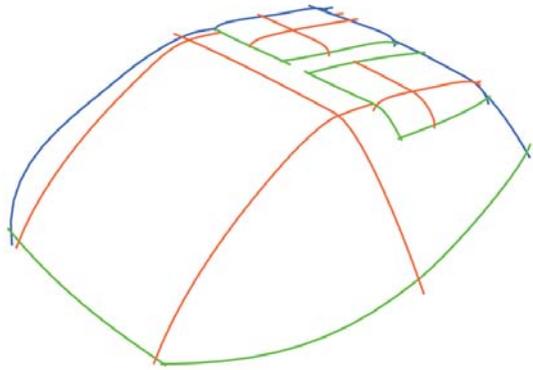
Directions des coups
de crayons

Propagation des directions

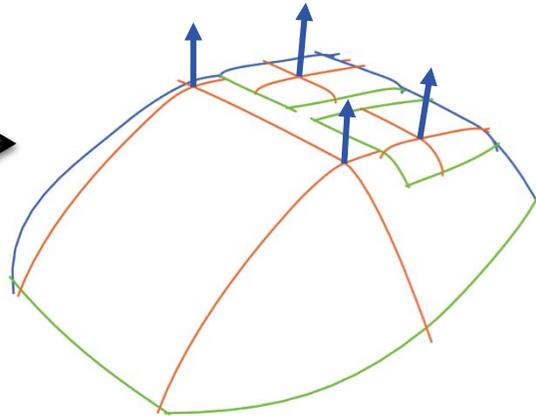
Algorithme basé sur les pixels



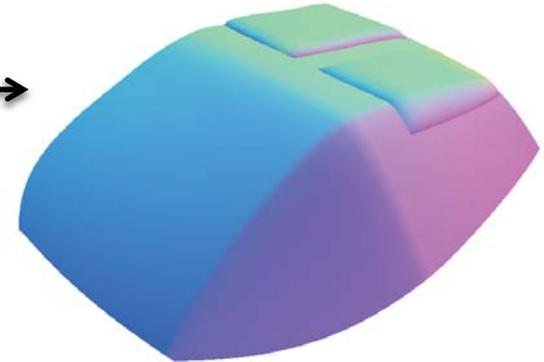
Inverse l'ordre des opérations



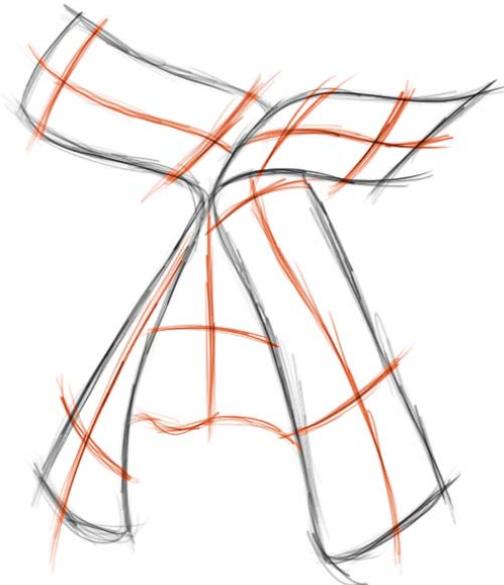
Courbes



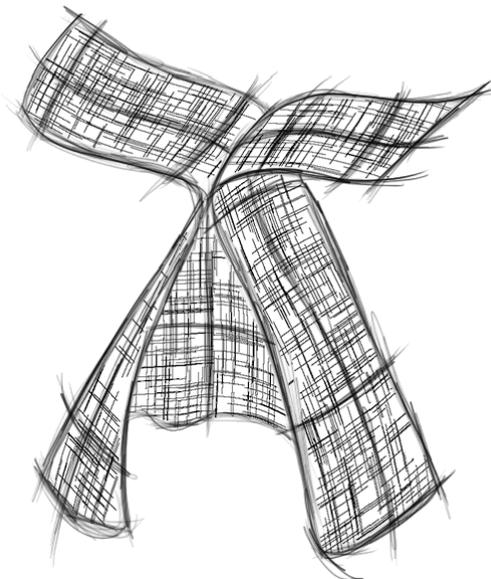
Normales aux intersections



Propagation



Directions

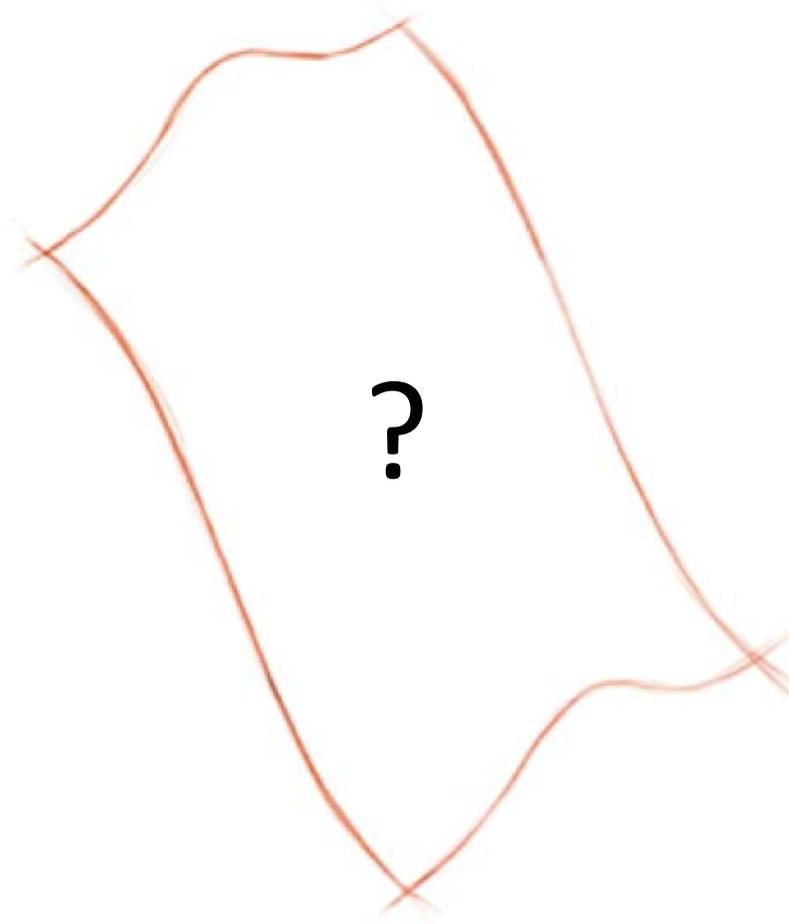


Propagation

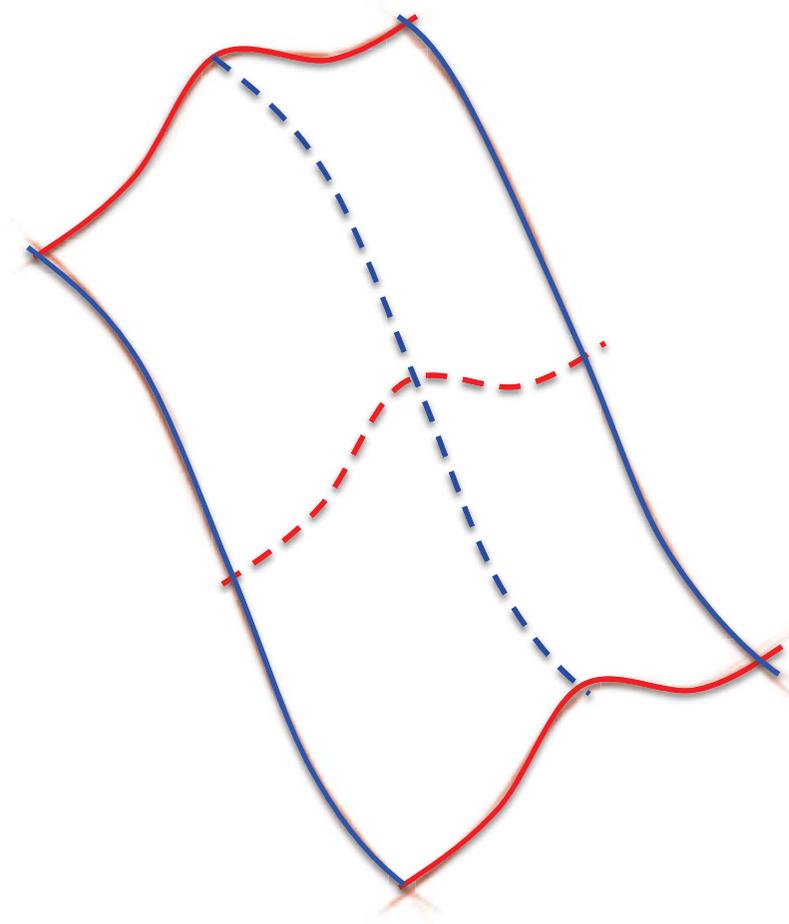


Normale en chaque pixel

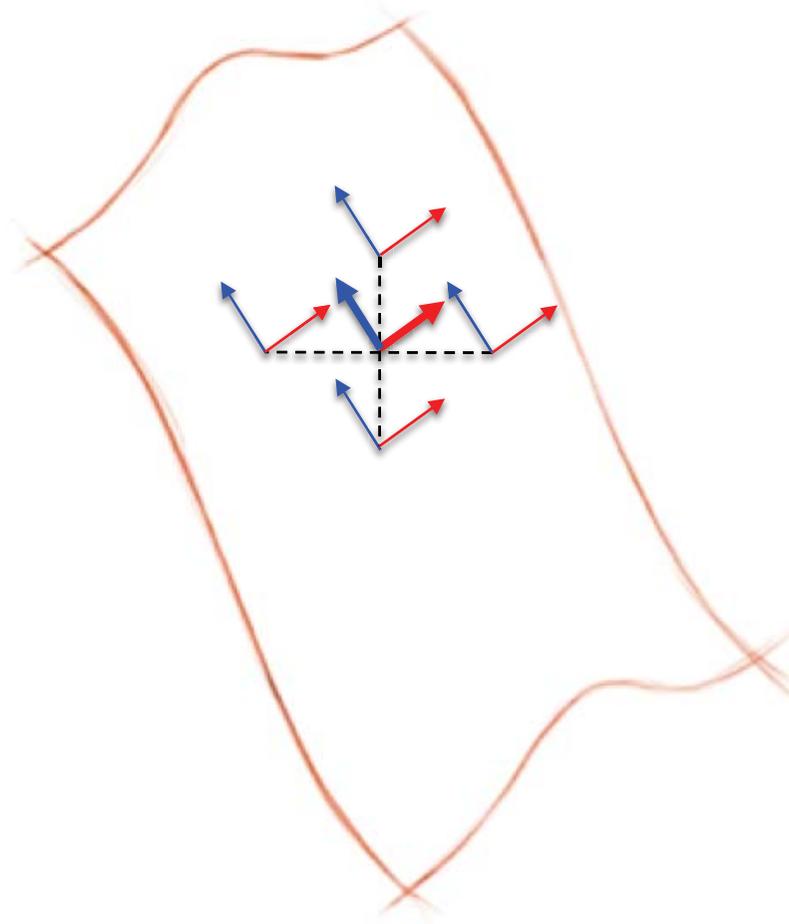
Comment propager les directions?



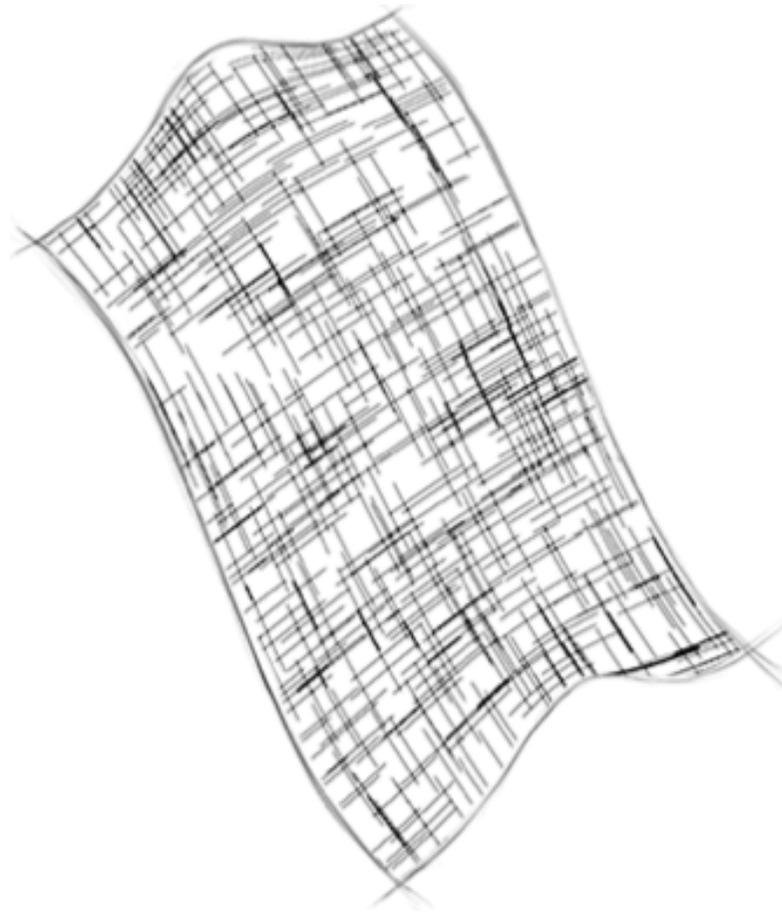
Interpoler les cotés opposés [Coons]



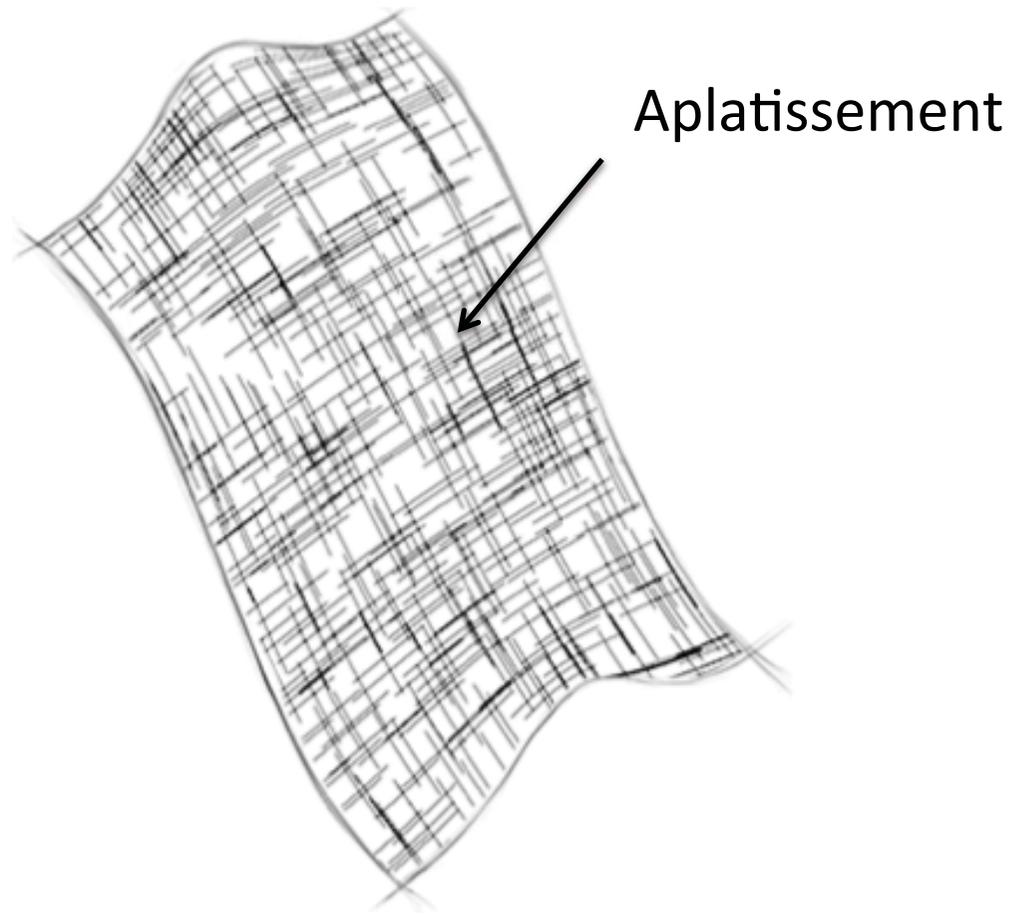
Le plus lisse possible



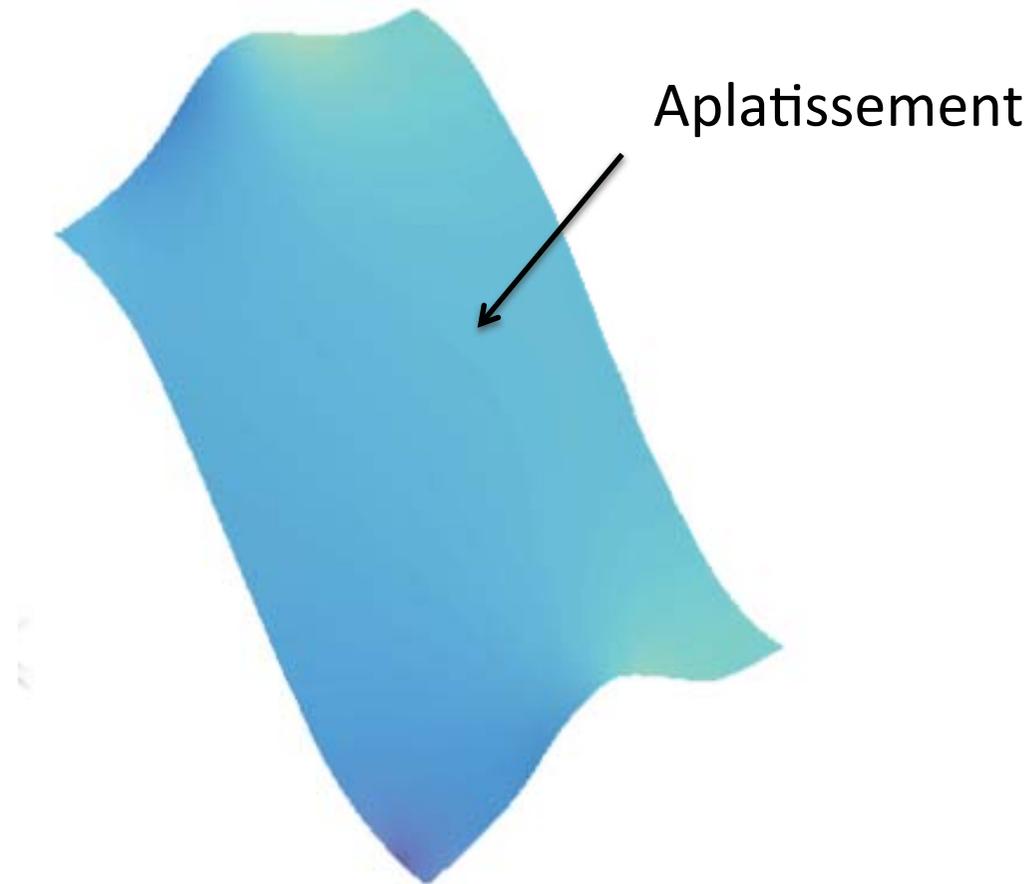
Le plus lisse possible



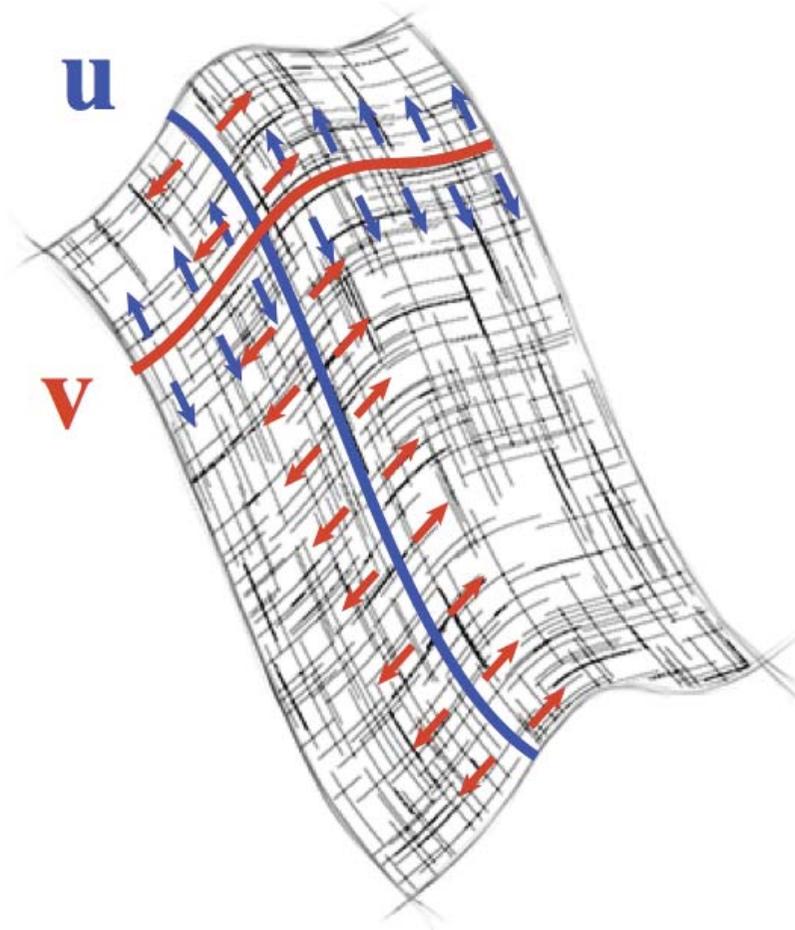
Le plus lisse possible



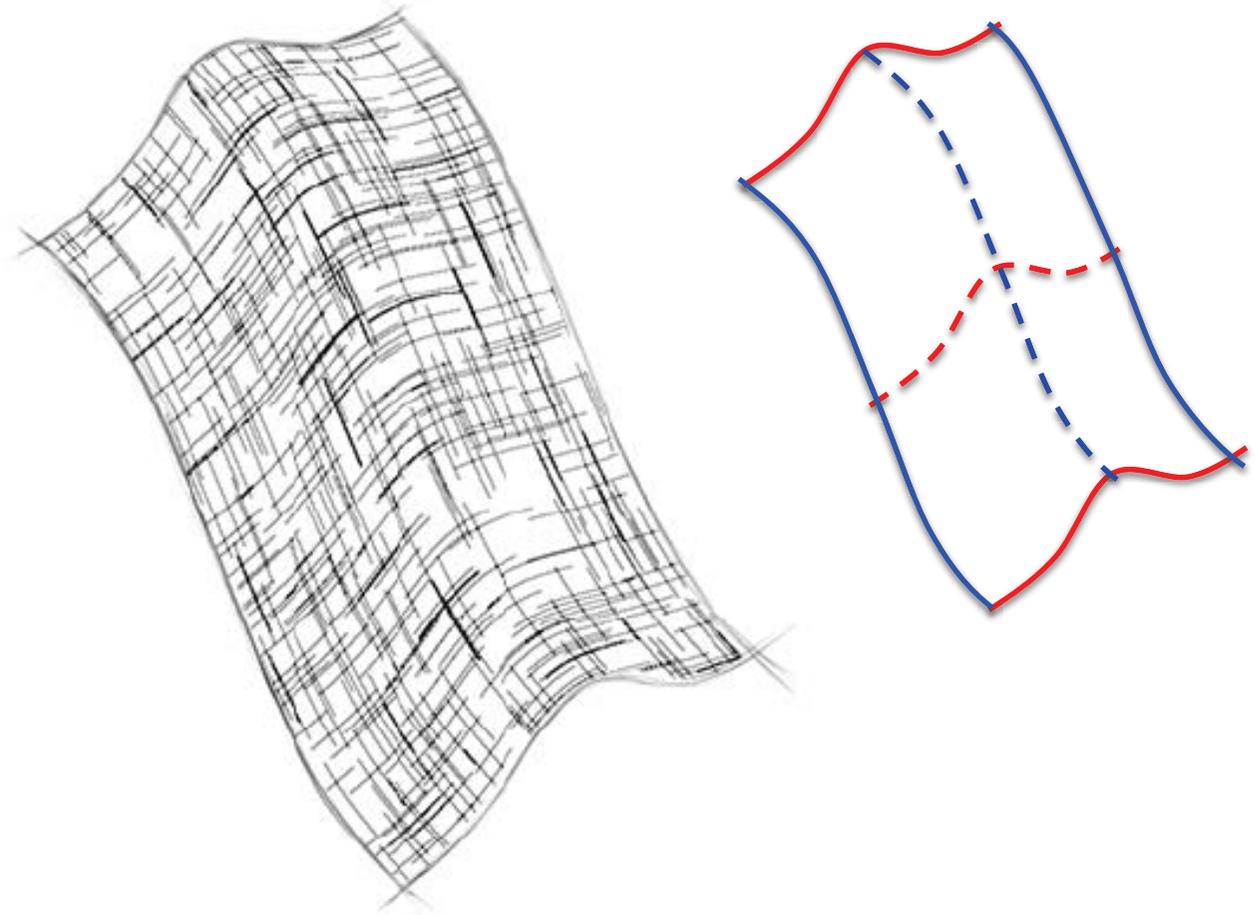
Le plus lisse possible



Le plus lisse possible le long de l'autre direction



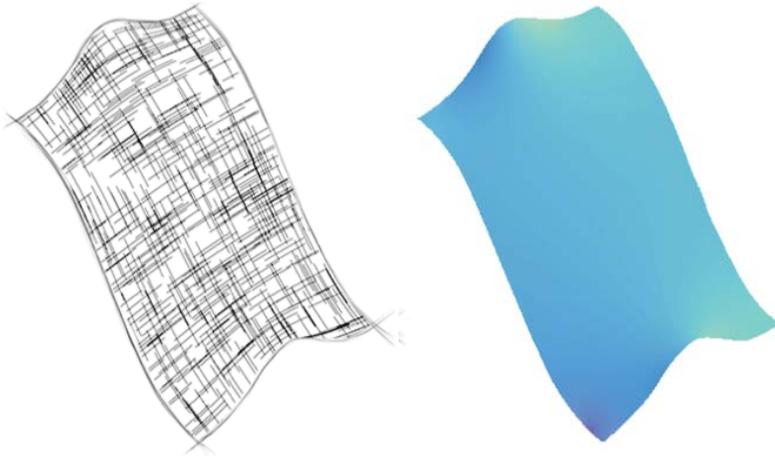
Le plus lisse possible le long de l'autre direction



**Le plus lisse possible
le long de l'autre direction**

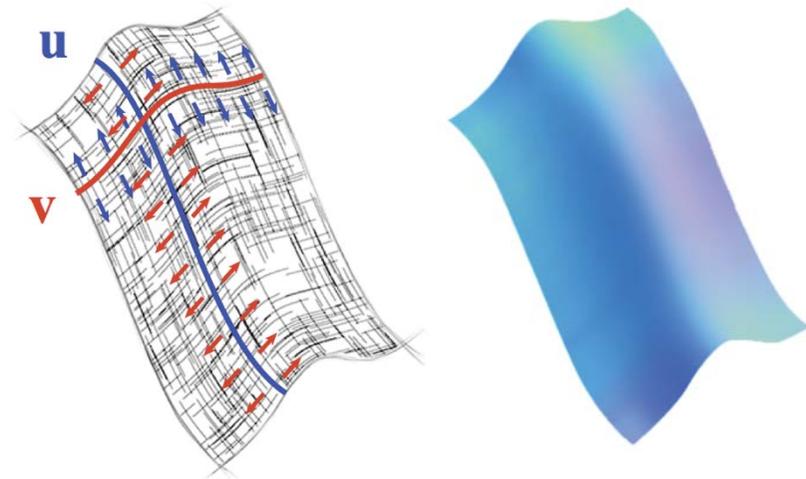


Formulation mathématique



$$E = \int_I \|\nabla \mathbf{u}\|^2 + \|\nabla \mathbf{v}\|^2$$

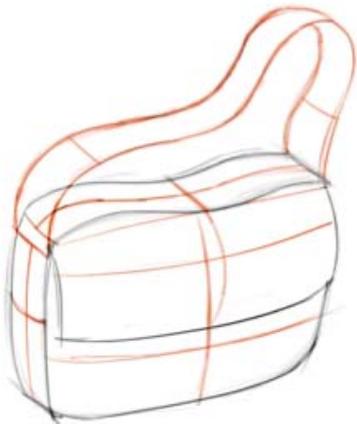
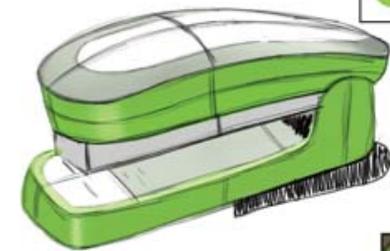
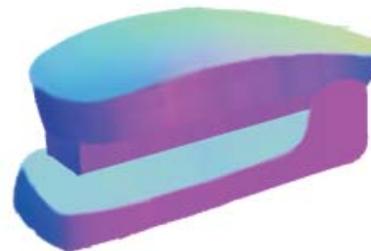
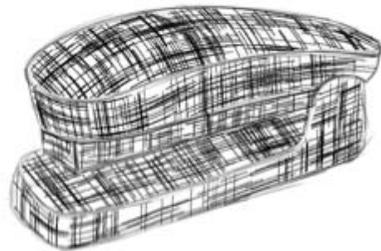
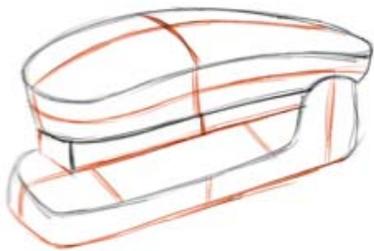
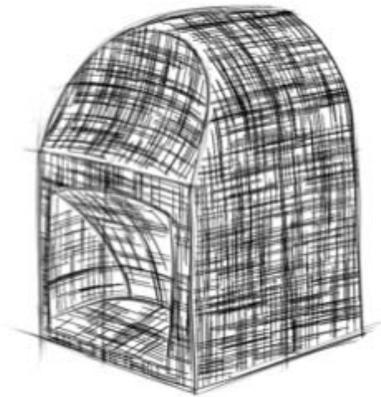
Minimise le gradient



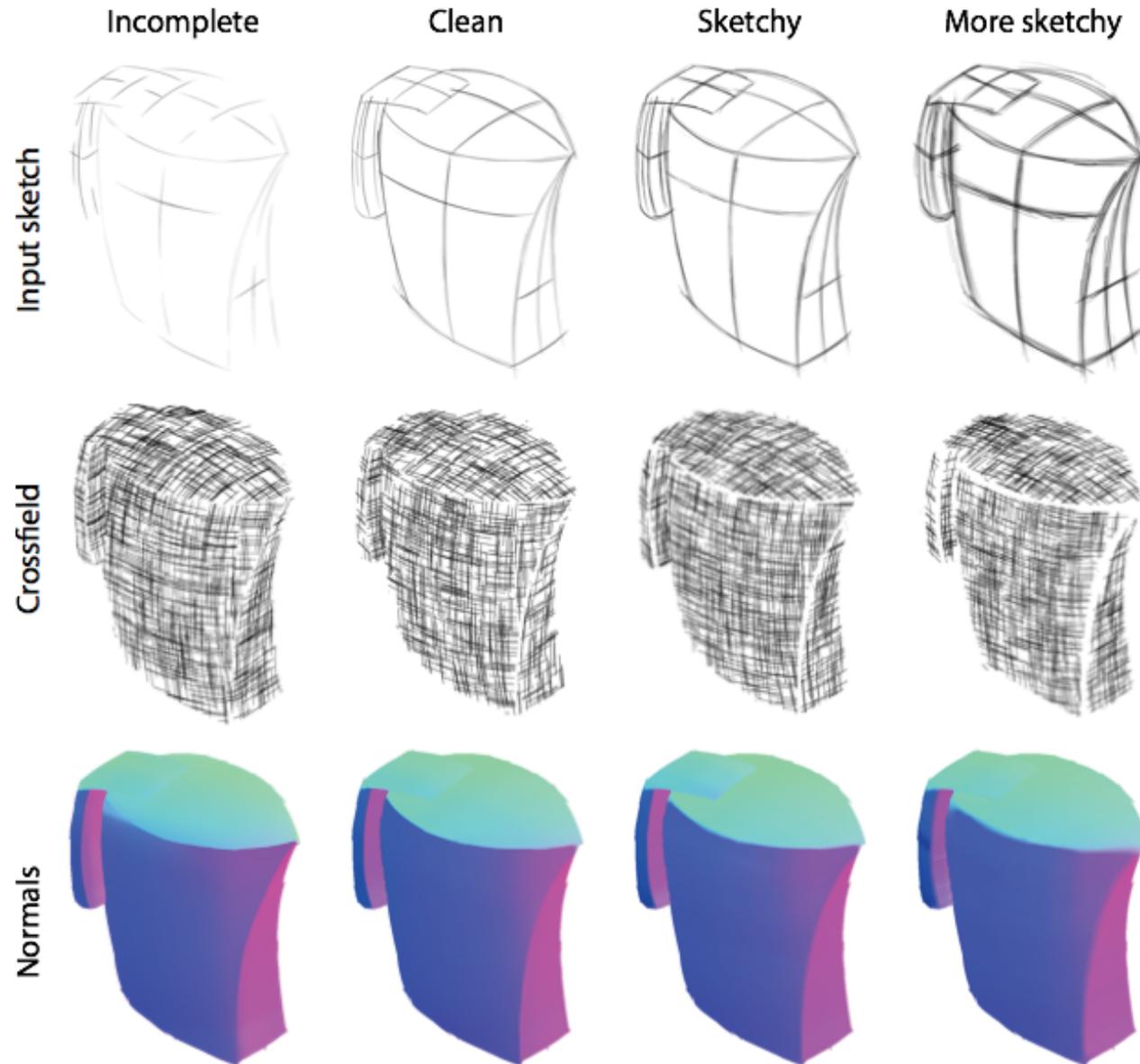
$$E = \int_I \|\nabla_{\mathbf{u}} \mathbf{v}\|^2 + \|\nabla_{\mathbf{v}} \mathbf{u}\|^2$$

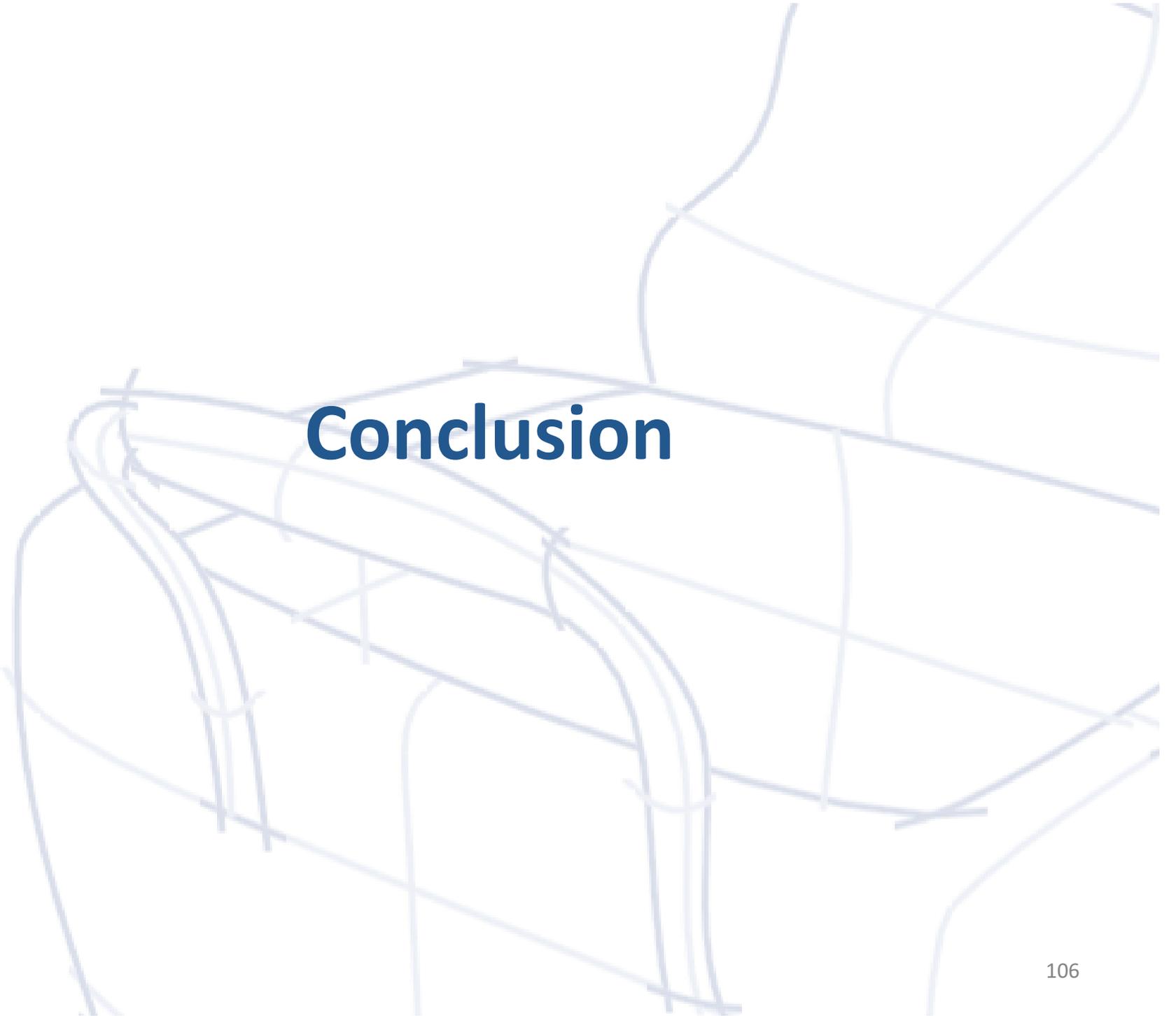
Minimise les dérivées covariantes

Résultats



Robustesse





Conclusion

Estimer des formes 3D à partir de croquis

- Modélisation à partir d'un seul dessin
 - Exploite les lignes de section
 - Régularise la forme sélectivement
- Méthodologie
 - Observer comment les designers dessinent
 - Mettre en lien avec la perception humaine
 - En déduire des propriétés mathématiques

Merci!

- CrossShade: Shading Concept Sketches Using Cross-Section Curves
Cloud Shao, Adrien Bousseau, Alla Sheffer, Karan Singh
ACM Transactions on Graphics, Proc. SIGGRAPH 2012
- True2Form: 3D Curve Networks from 2D Sketches
via Selective Regularization
Baoxuan Xu, William Chang, Alla Sheffer,
Adrien Bousseau, James McCrae, Karan Singh
ACM Transactions on Graphics, Proc. SIGGRAPH 2014
- BendFields: Regularized Curvature Fields from Rough Concept Sketches
Emmanuel Larussi, David Bommes, Adrien Bousseau
ACM Transactions on Graphics 2015