

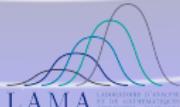
Animation de champs scalaires 3D par cages de déformation - Application à "l'implicit skinning".

Kevin Trancho

étudiant en **Master Informatique** deuxième année
spécialité sciences de l'image

à l'Université Paris-Est Marne-la-Vallée
en stage encadré par **Loïc Barthe** et **Pascal Romon**.
Tuteur universitaire : **Vincent Nozick**

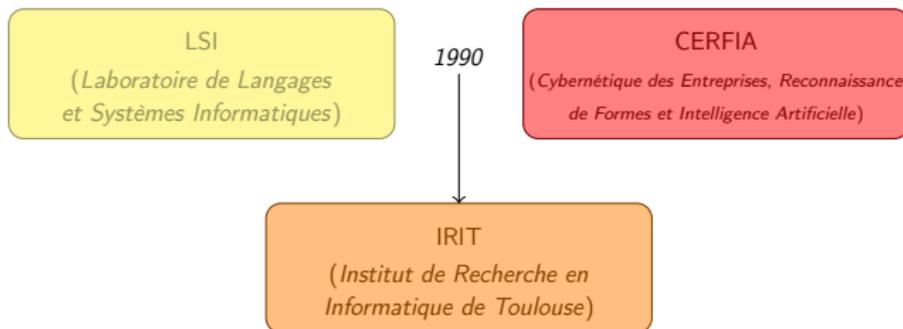
5 Septembre 2019



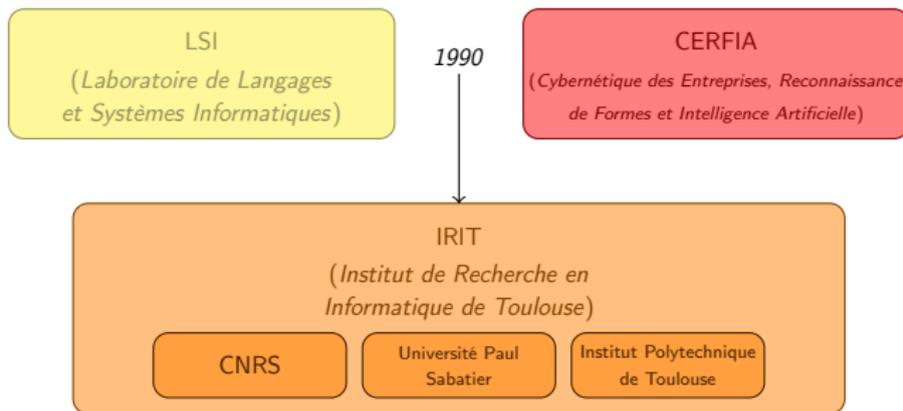
Au programme de l'exposé:

- Voyage vers Toulouse et découverte des surfaces implicites pour l'animation avec "l'implicit skinning".
- Nos méthodes pour l'animation de champs scalaires par les cages de déformations.
- Auto-intersection du champ scalaire et utilisation de l'opérateur de contact pour la correction automatique d'auto-collisions d'un maillage.

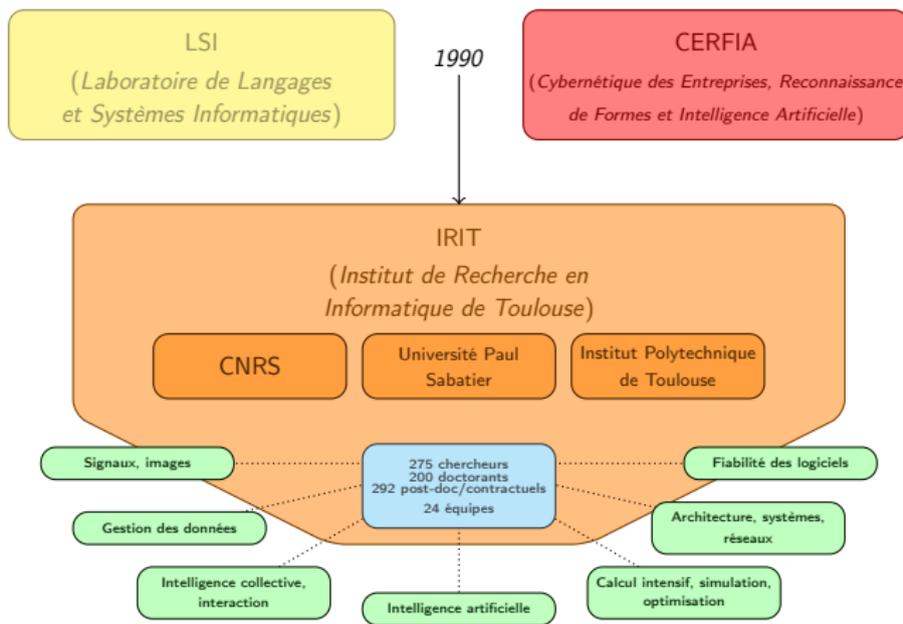
L'IRIT



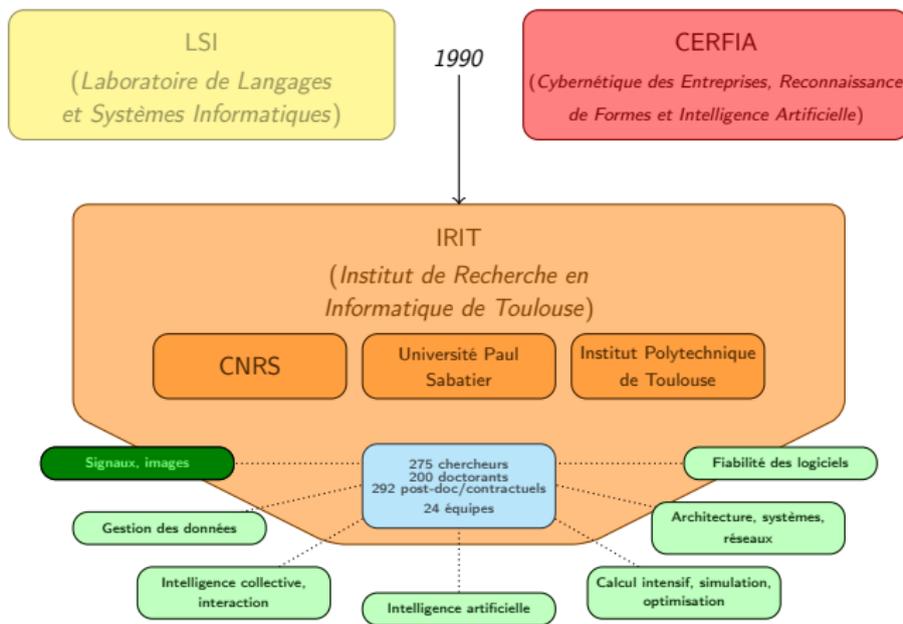
L'IRIT



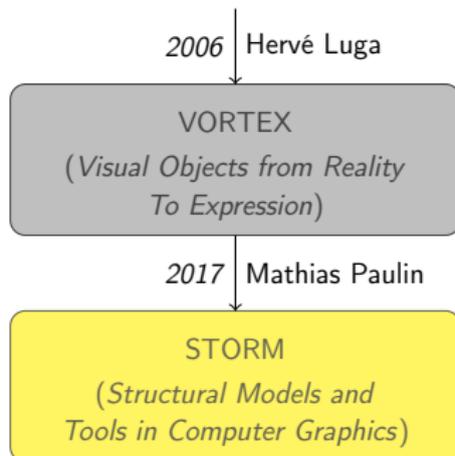
L'IRIT



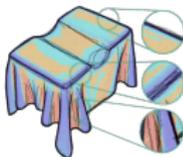
L'IRIT



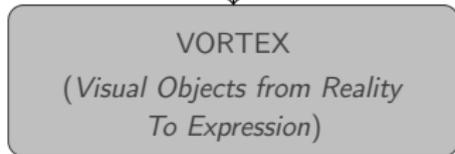
L'équipe STORM



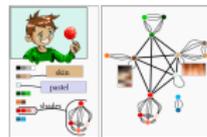
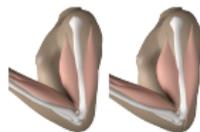
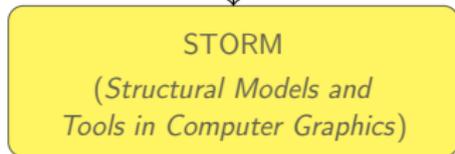
L'équipe STORM



2006 Hervé Luga



2017 Mathias Paulin



Contexte



(a) Avatar



(b) Diablo 3



(c) Transformers



(d) Toys Story

Figure: Exemples d'applications de l'informatique graphique

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Maillage et animation



Figure: Maillage et son animation par un squelette

Méthodes de déformation de maillage : skinning



(a) *Linear Bending Skinning*

[Magenat-Thalmann et al., 1989]

En production



(b) *Dual Quaternion Skinning*

[Kavan et al., 2007]

En production



(c) *Implicit Skinning*

[Vaillant et al., 2013]

Plugin Maya

(Résultats issus de la démonstration proposée par l'équipe STORM.)

Figure: Comparaison de méthodes de skinning

Surfaces implicites et composition



(a) opérateur



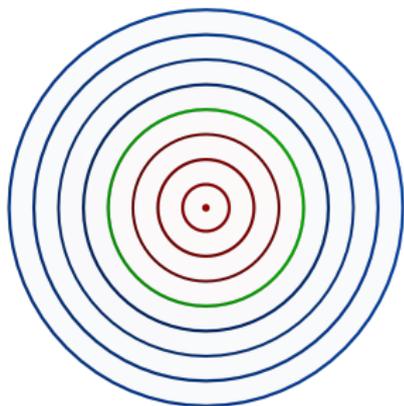
(b) surface implicite

Figure: **Composition de surfaces implicites par un opérateur**

Surfaces implicites et composition



(a) opérateur



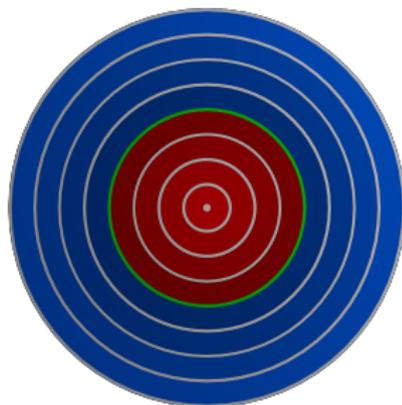
(b) surface implicite

Figure: **Composition de surfaces implicites par un opérateur**

Surfaces implicites et composition



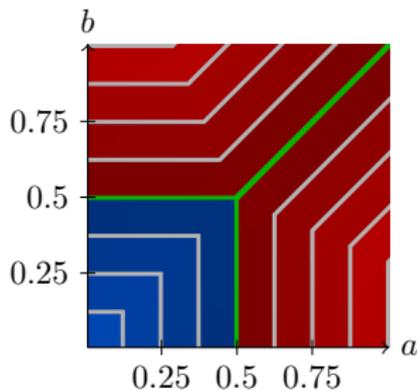
(a) opérateur



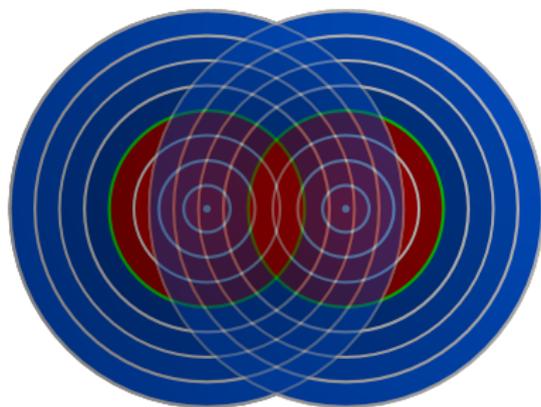
(b) surface implicite

Figure: **Composition de surfaces implicites par un opérateur**

Surfaces implicites et composition



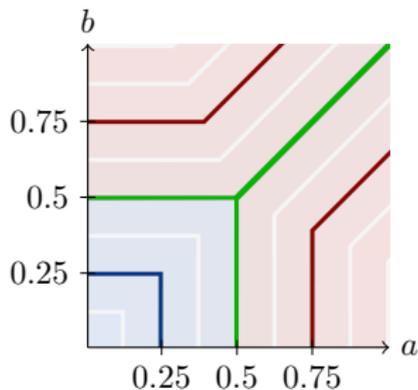
(a) opérateur



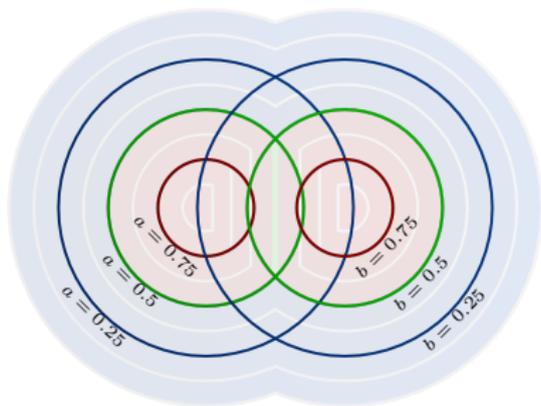
(b) surface implicite

Figure: **Composition de surfaces implicites par un opérateur**

Surfaces implicites et composition



(a) opérateur



(b) surface implicite

Figure: **Composition de surfaces implicites par un opérateur**

Surfaces implicites et composition

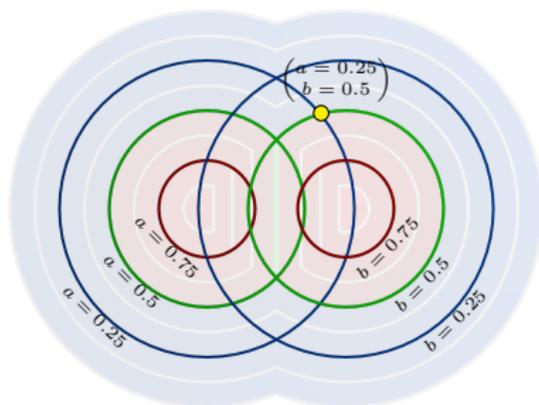
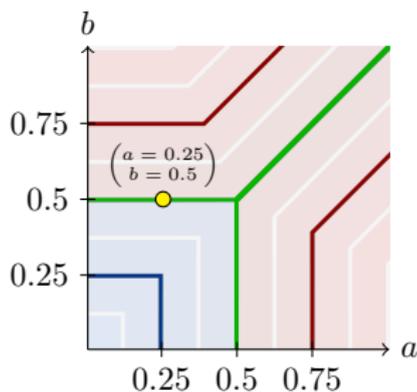
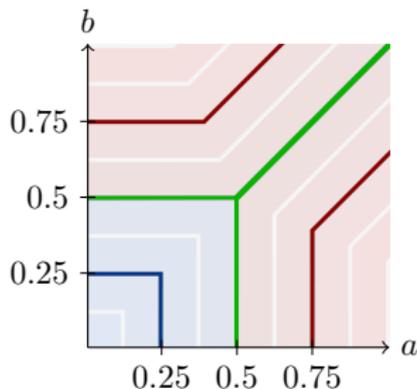
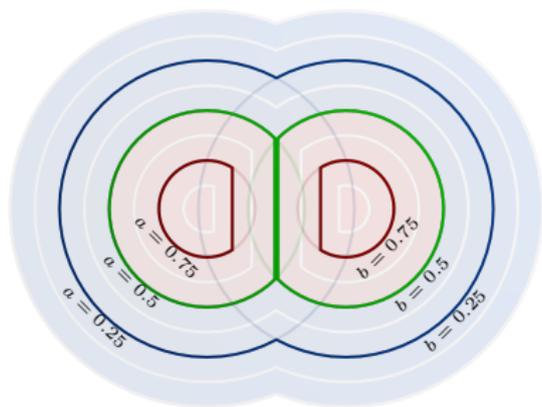


Figure: **Composition de surfaces implicites par un opérateur**

Surfaces implicites et composition



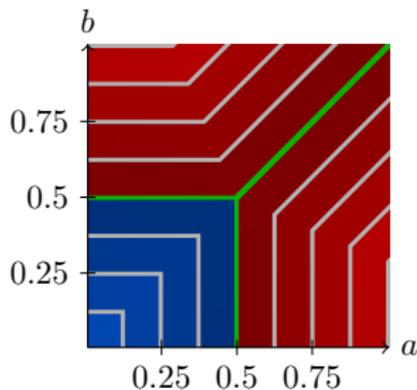
(a) opérateur



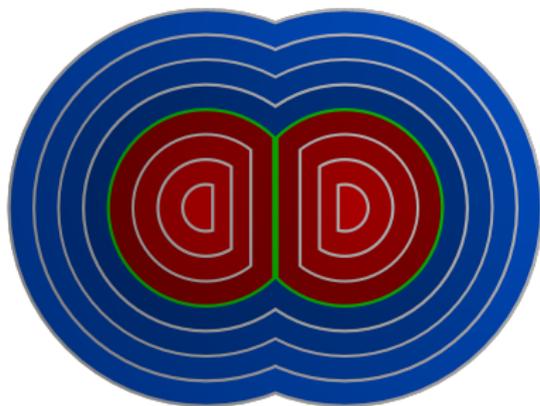
(b) surface implicite

Figure: **Composition de surfaces implicites par un opérateur**

Surfaces implicites et composition



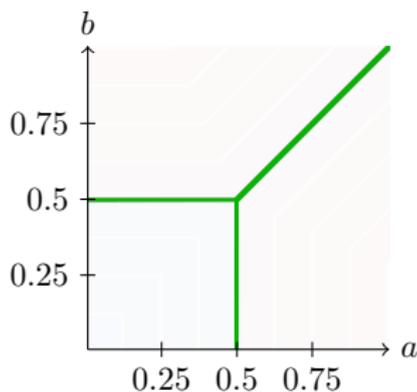
(a) opérateur



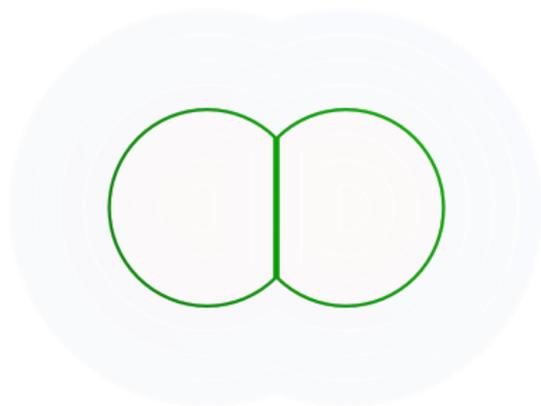
(b) surface implicite

Figure: **Composition de surfaces implicites par un opérateur**

Surfaces implicites et composition



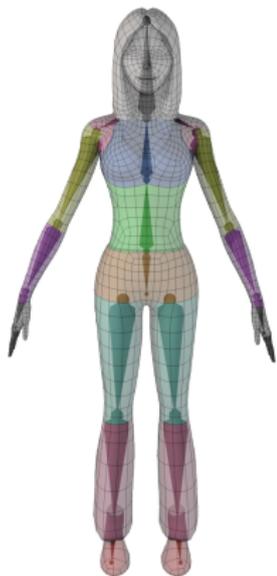
(a) opérateur



(b) surface implicite

Figure: **Composition de surfaces implicites par un opérateur**

Segmentation en primitives implicites



(a) Maillage et squelette



(b) Primitives implicites

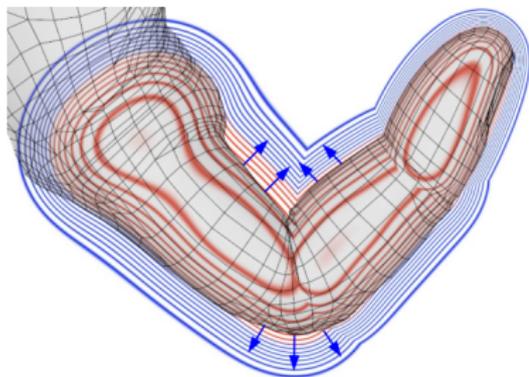


(c) Composition des primitives

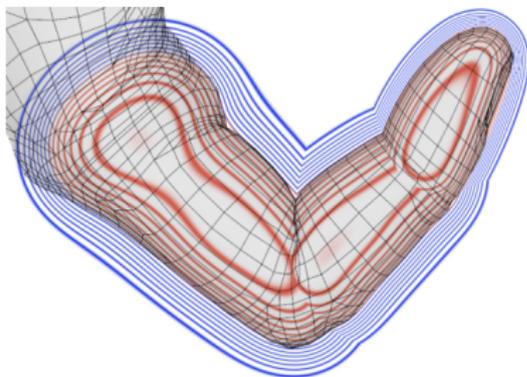
(Images de [Vaillant et al., 2014])

Figure: Segmentation d'une entité en primitives pour l'*Implicit Skinning*

Application : l'Implicit skinning



Maillage déformé



Maillage corrigé

(Images de [Vaillant et al., 2013])

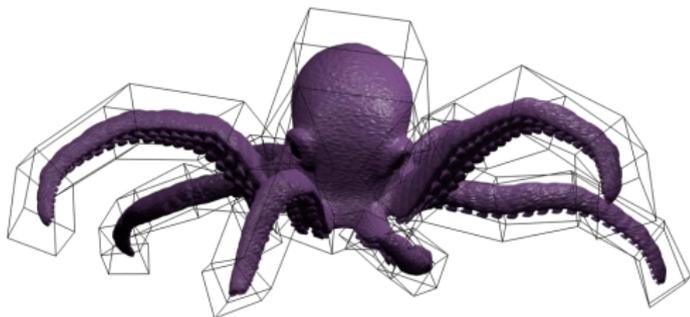
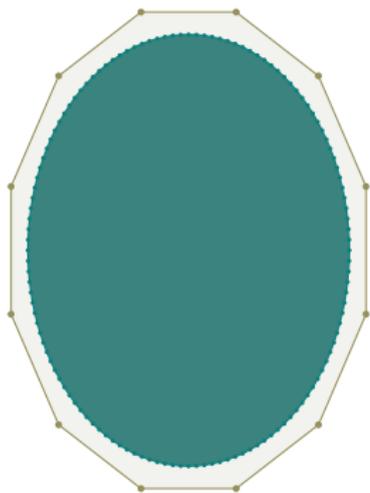
Figure: Correction d'un maillage depuis un champs scalaire

Une cage de déformation ?



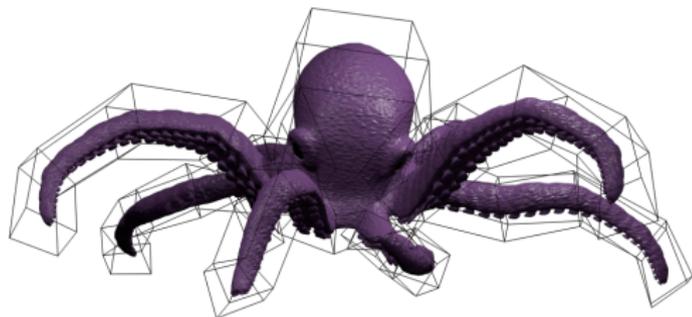
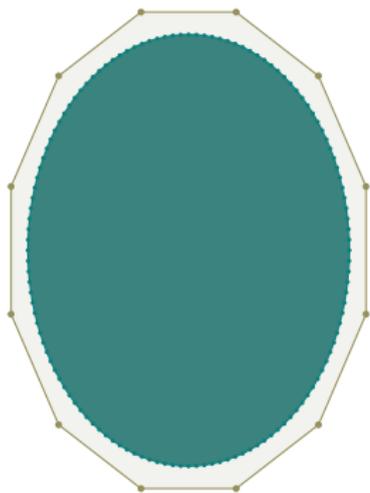
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



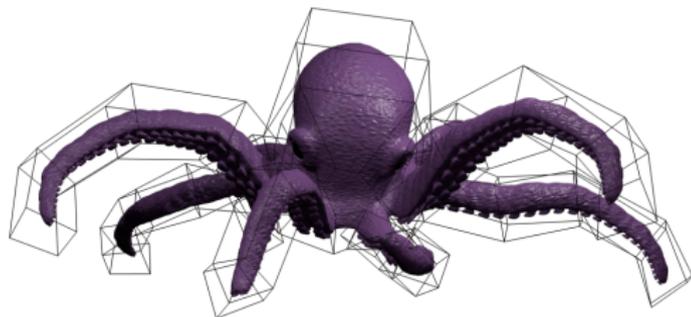
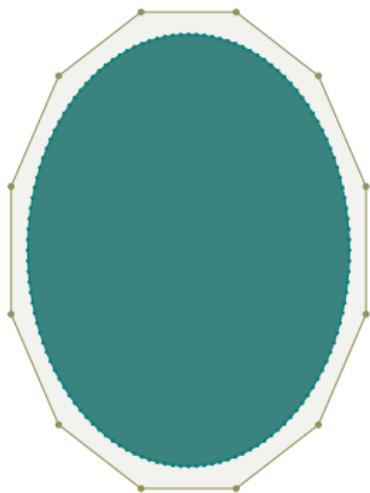
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



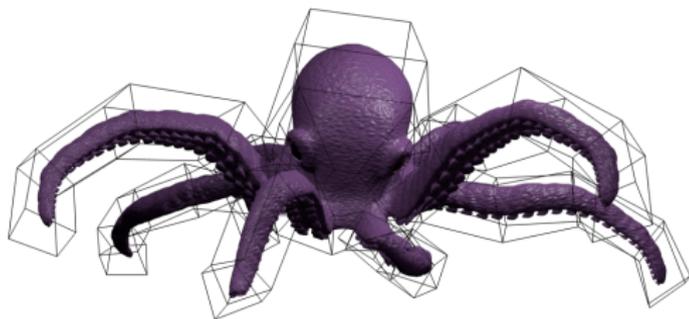
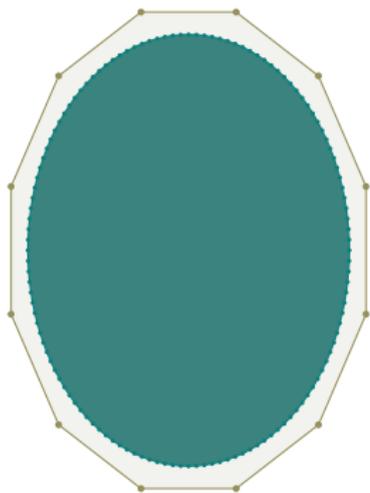
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



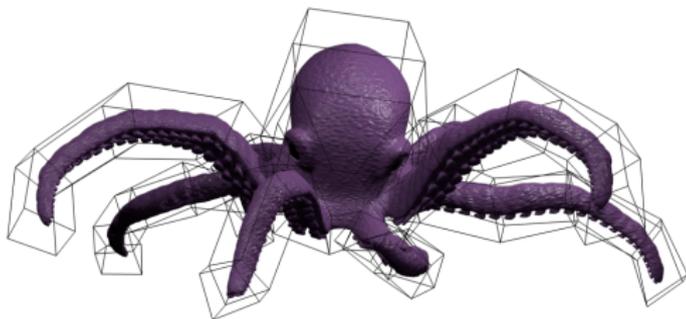
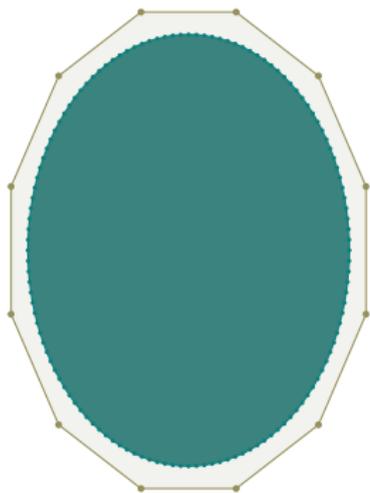
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



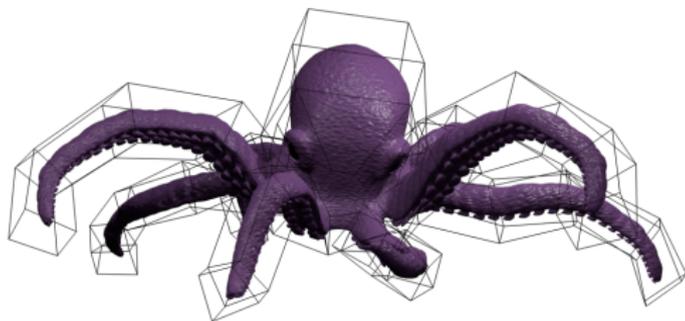
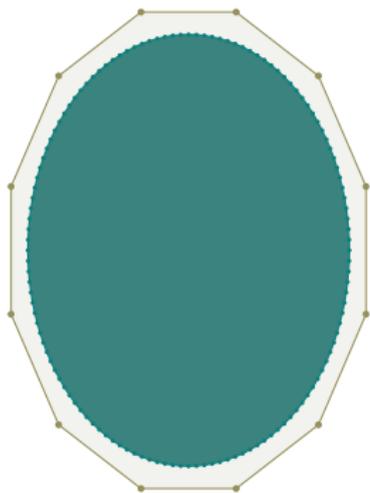
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



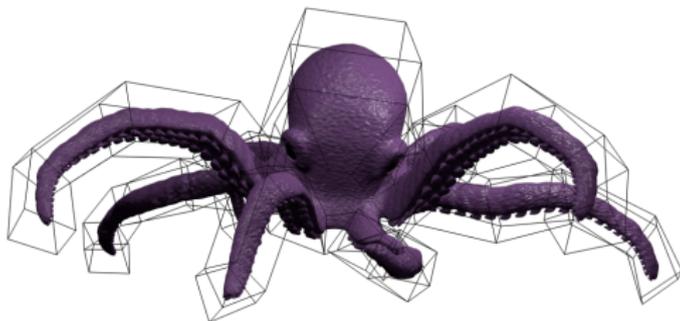
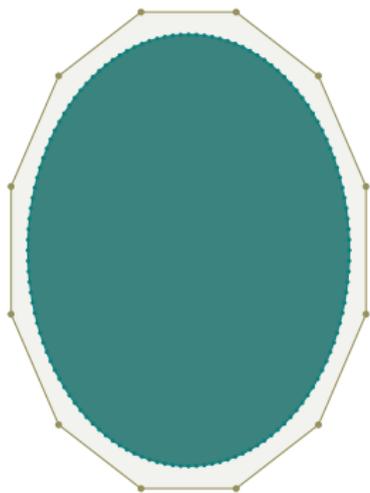
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



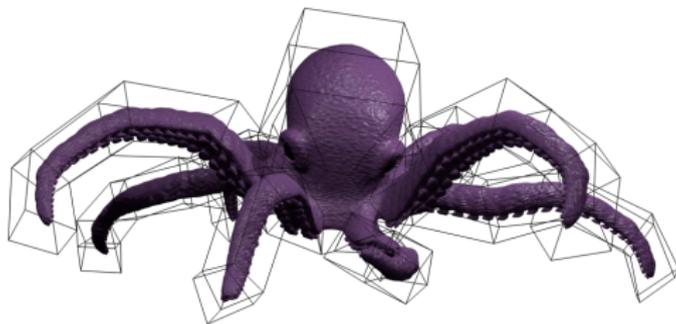
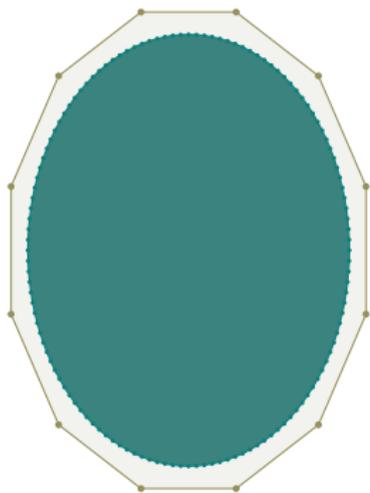
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



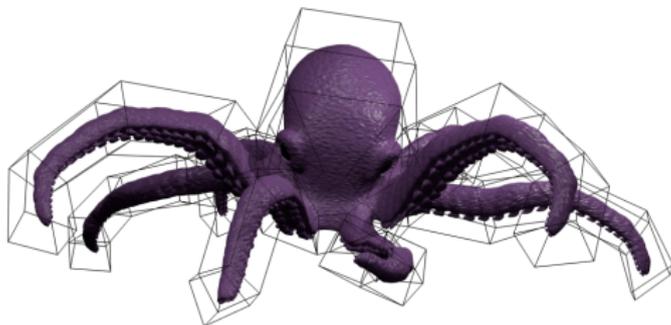
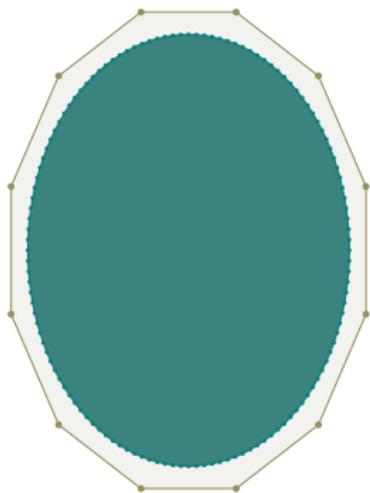
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



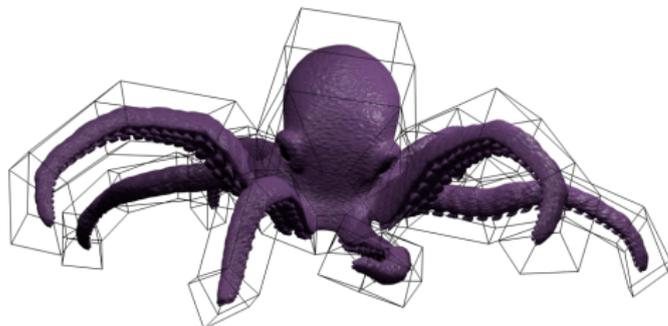
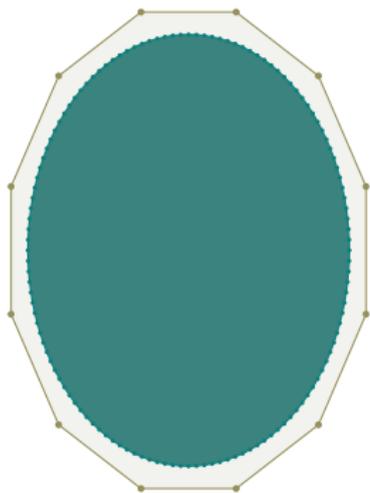
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



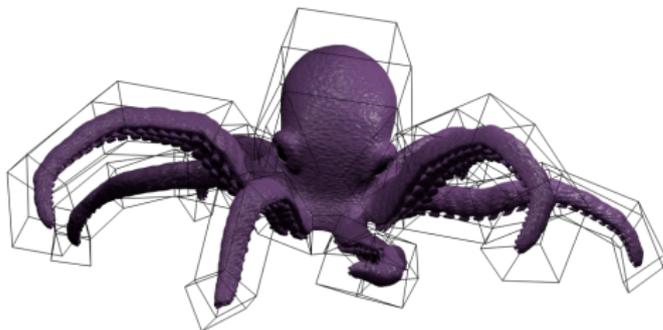
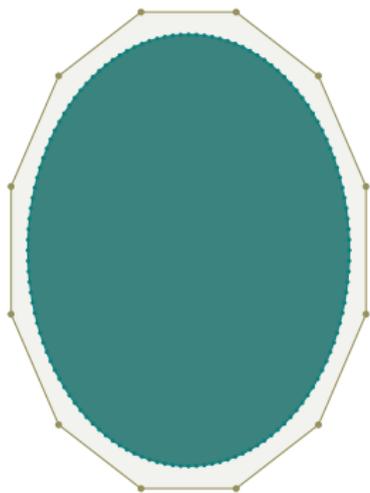
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



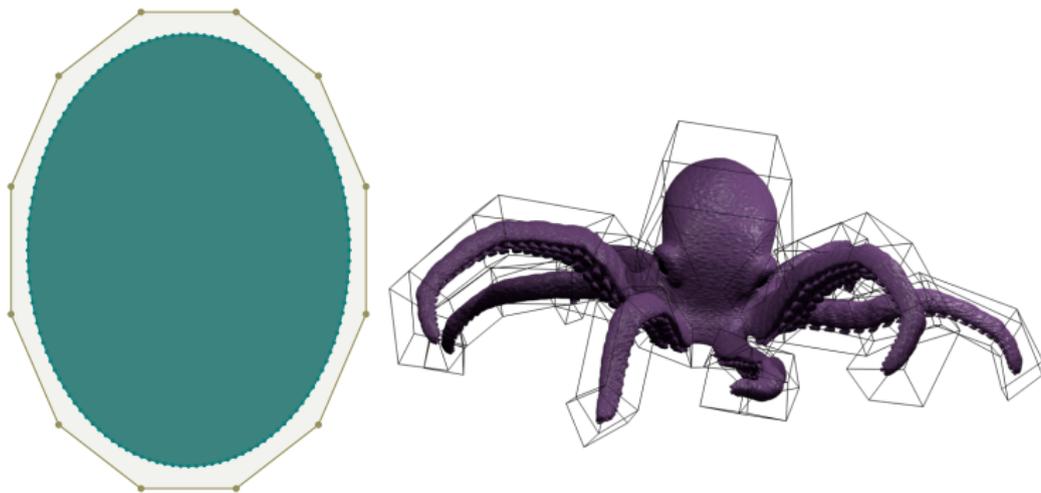
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



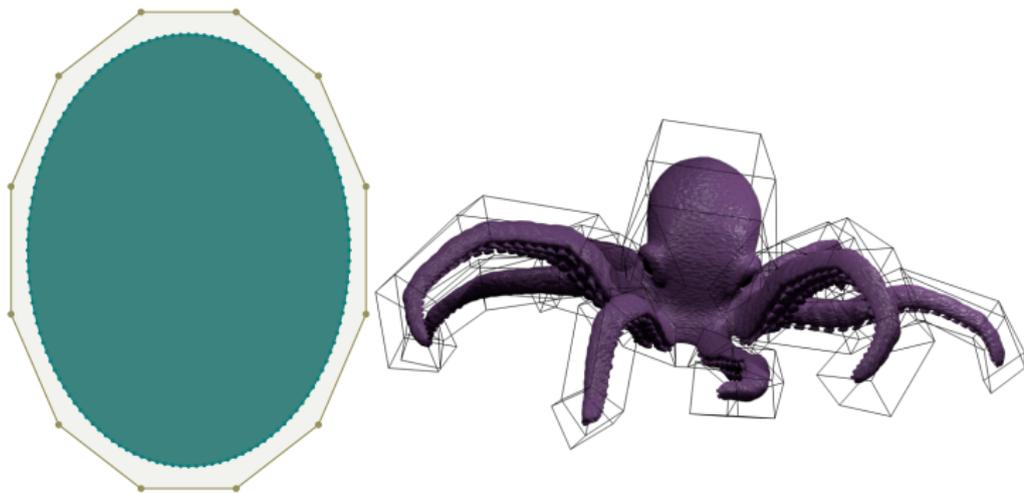
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



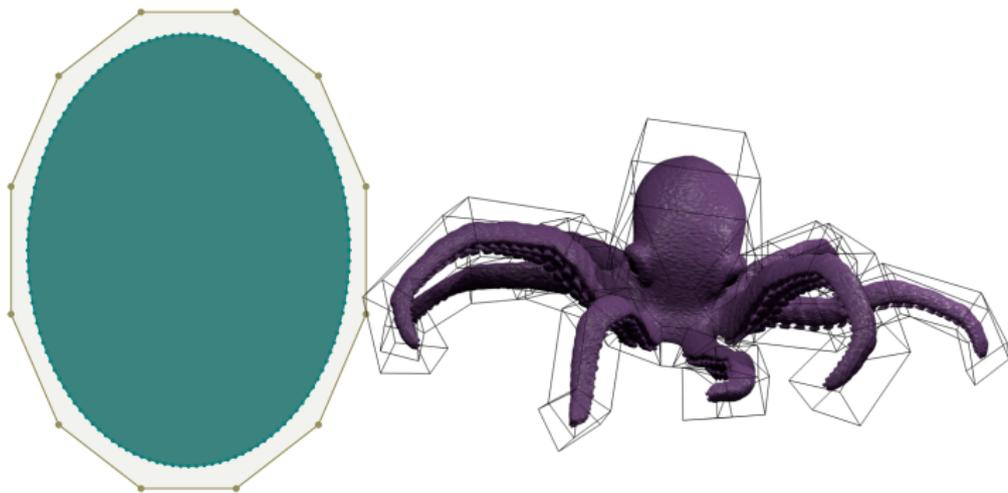
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



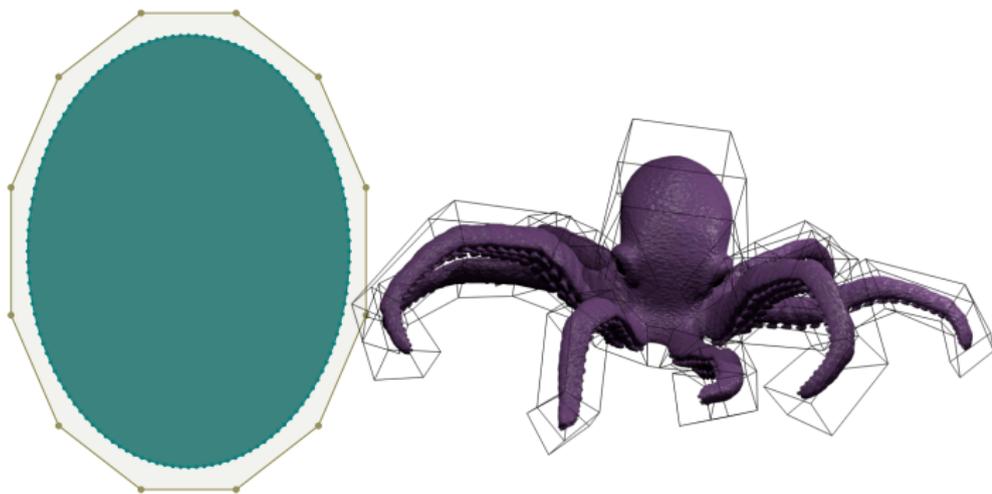
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



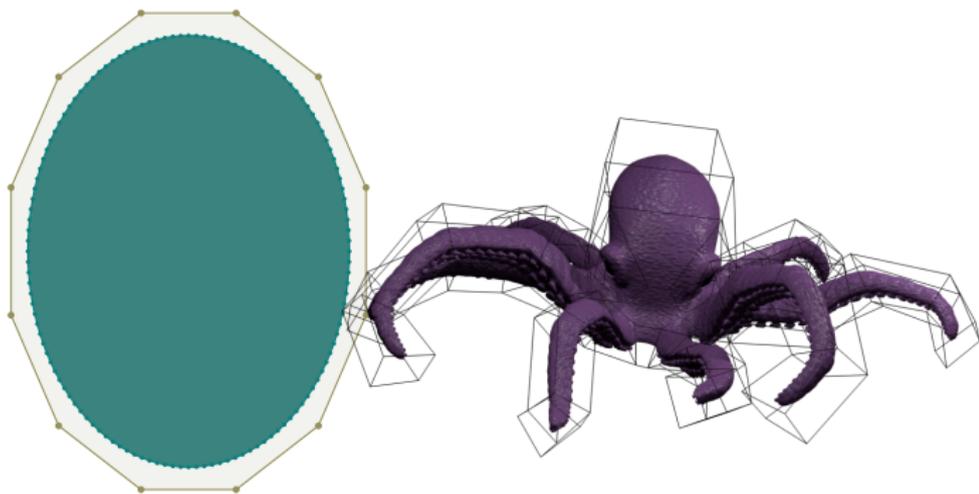
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



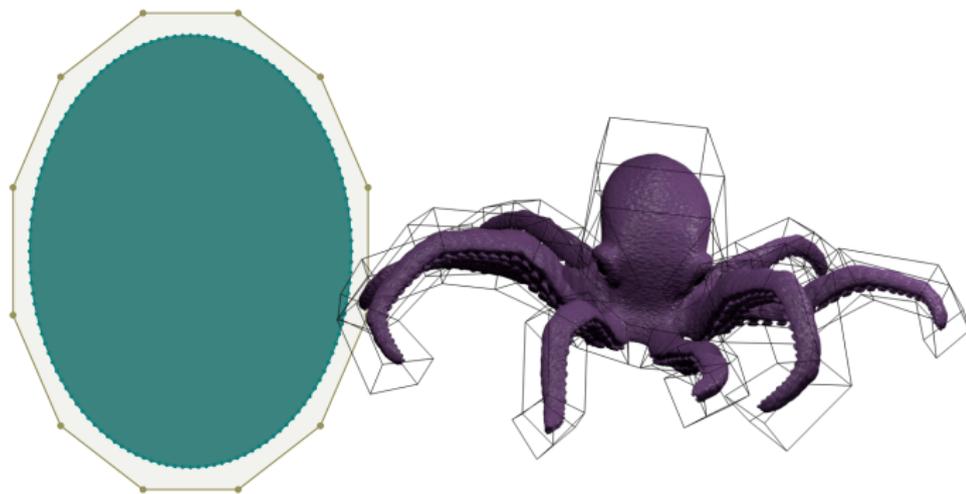
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



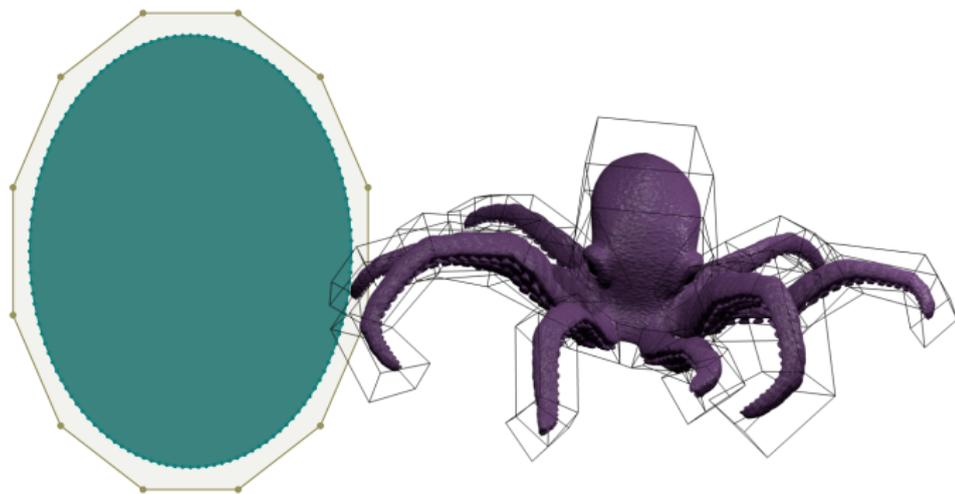
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



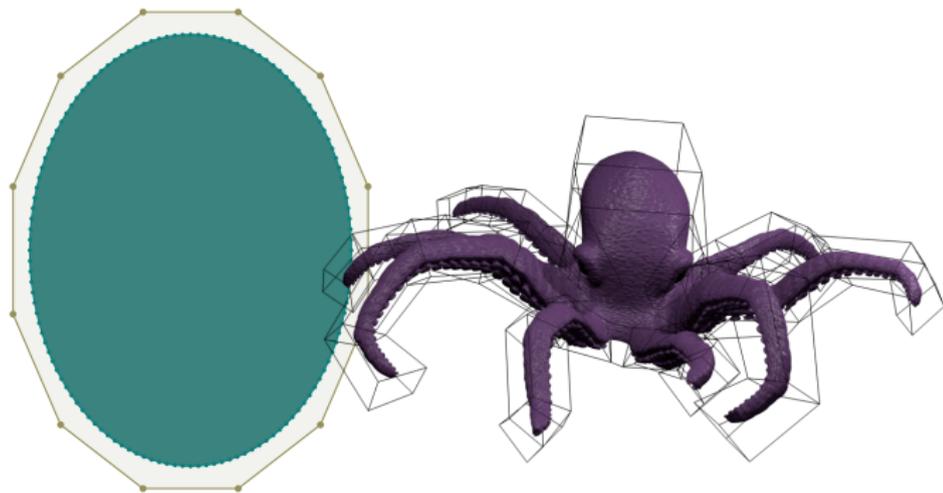
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



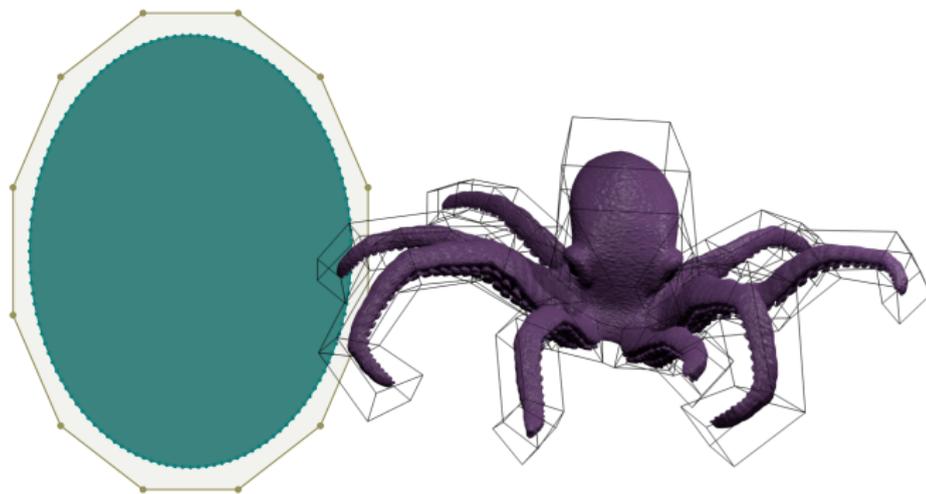
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



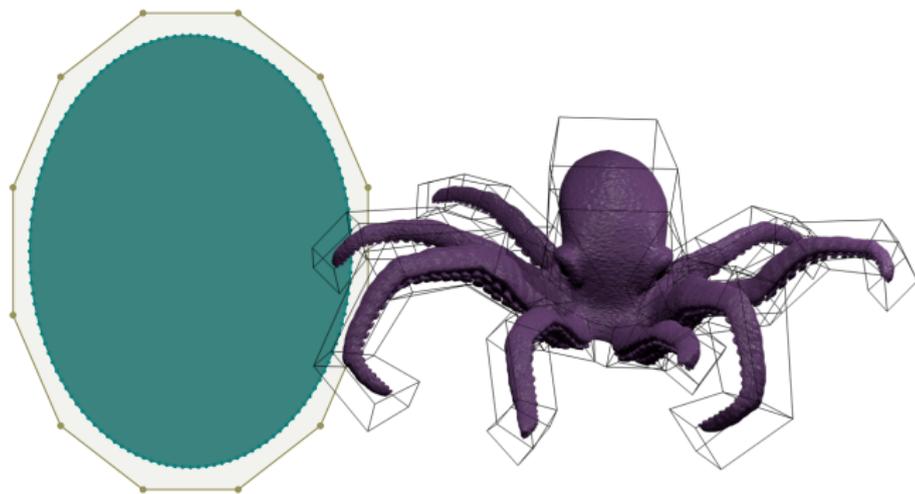
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



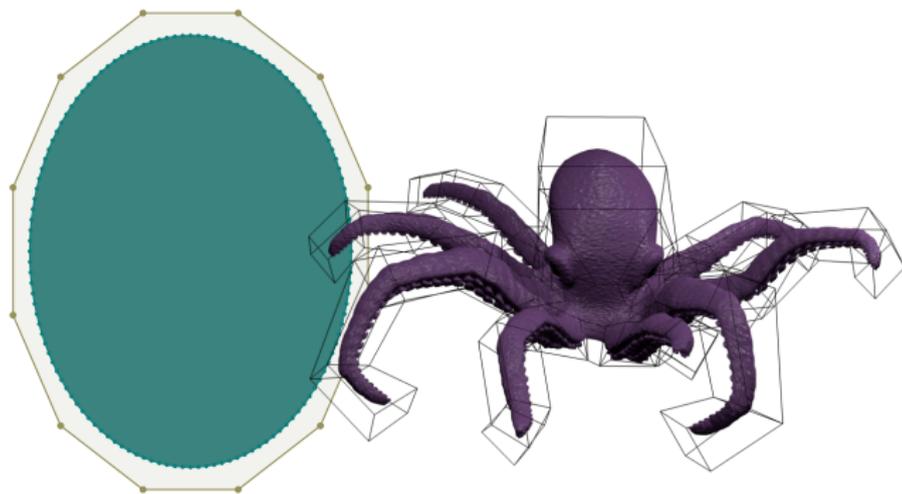
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



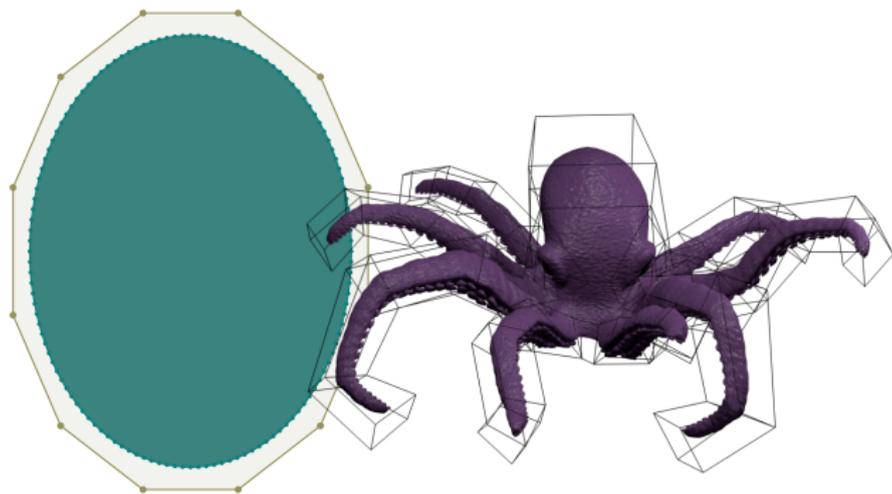
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



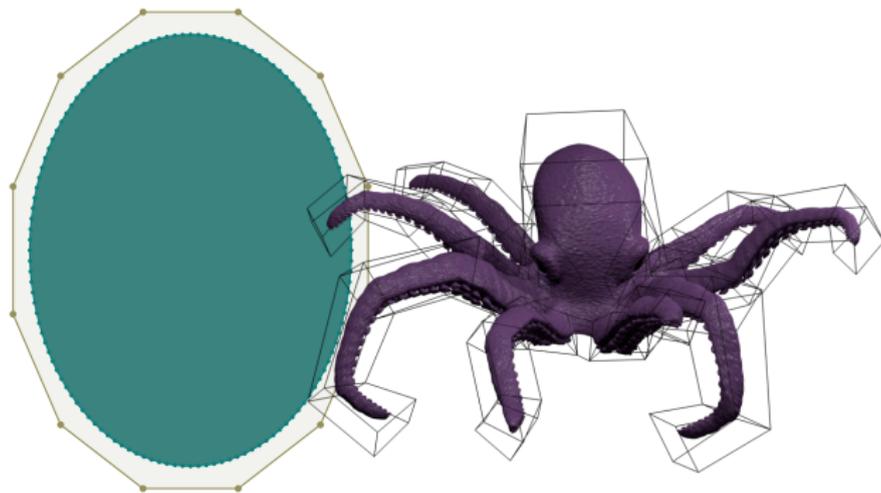
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



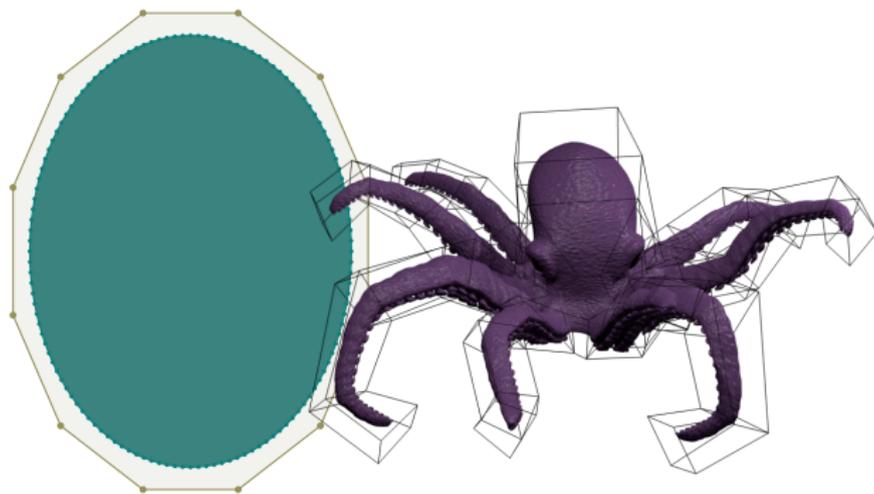
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



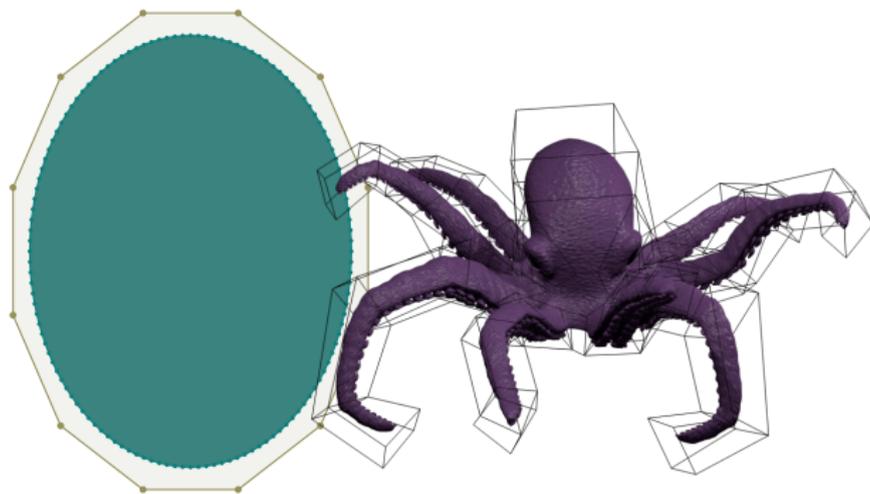
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



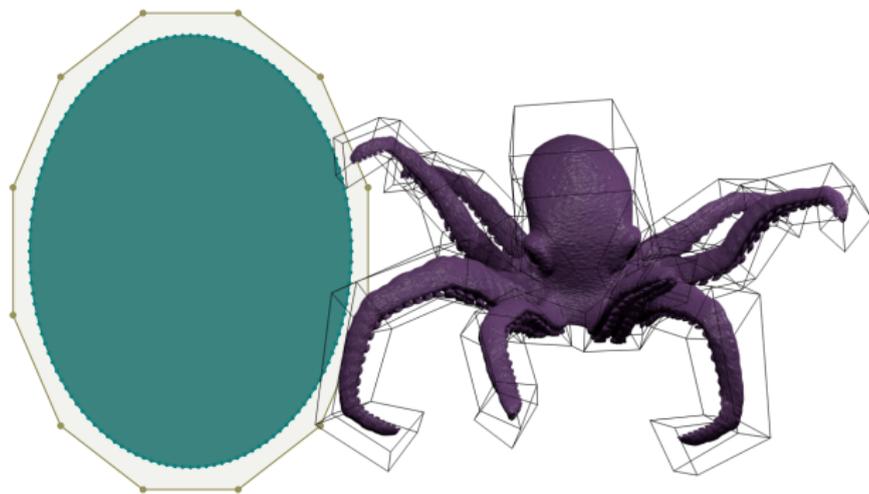
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



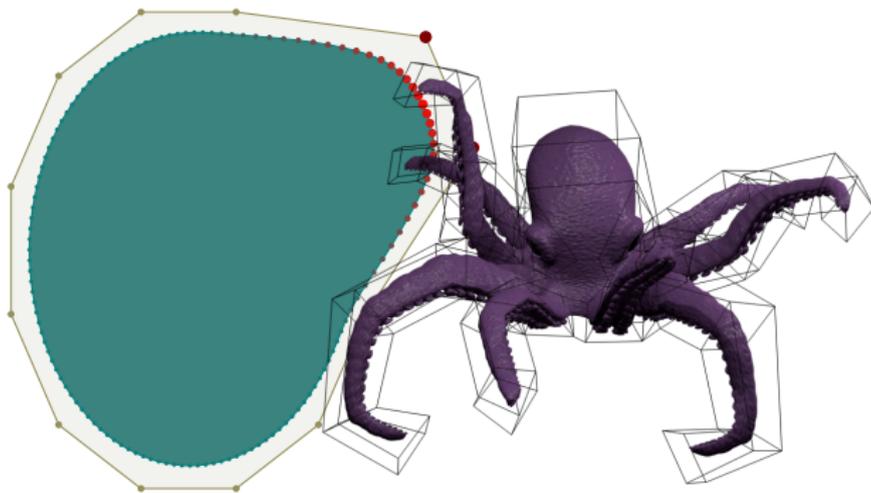
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



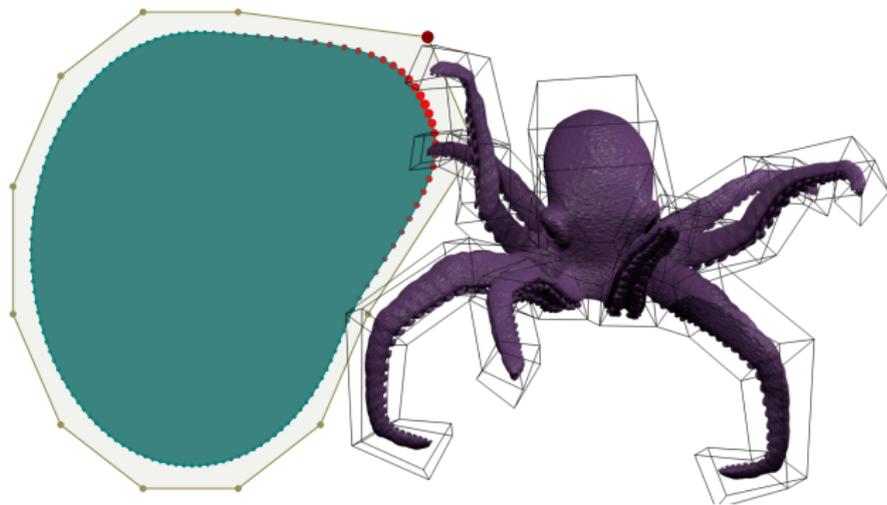
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



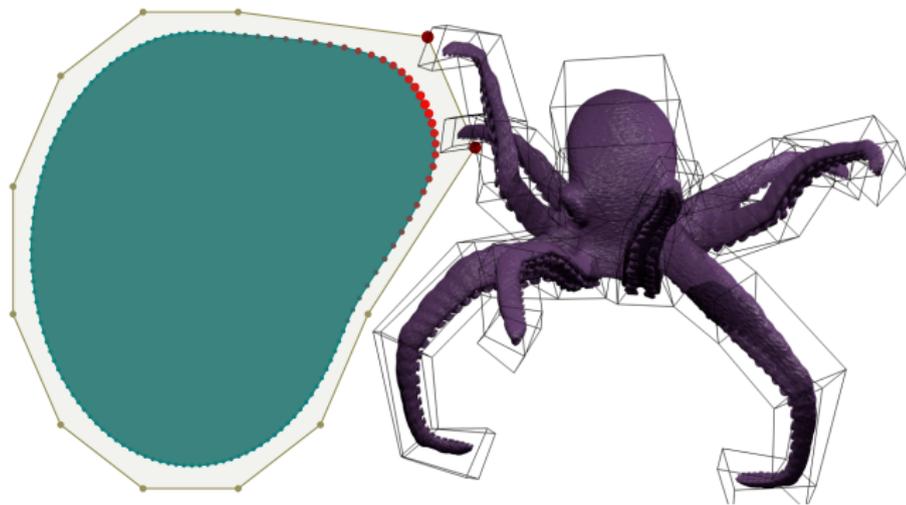
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



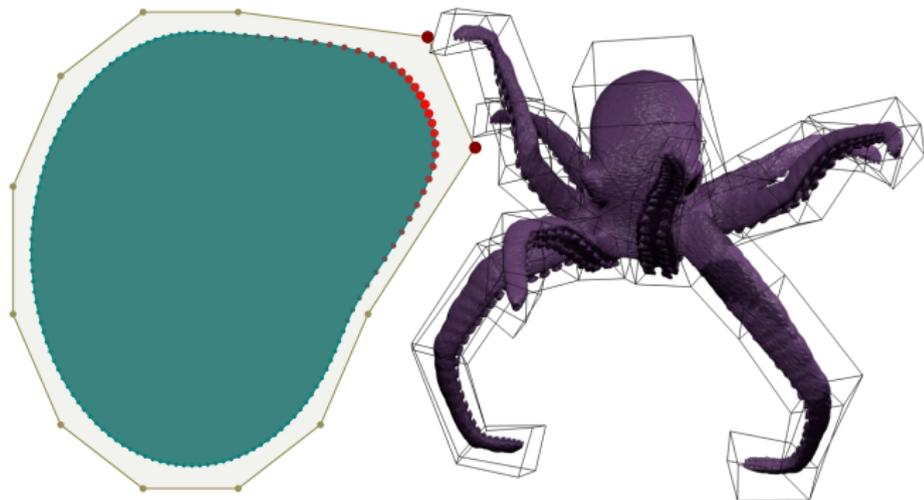
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



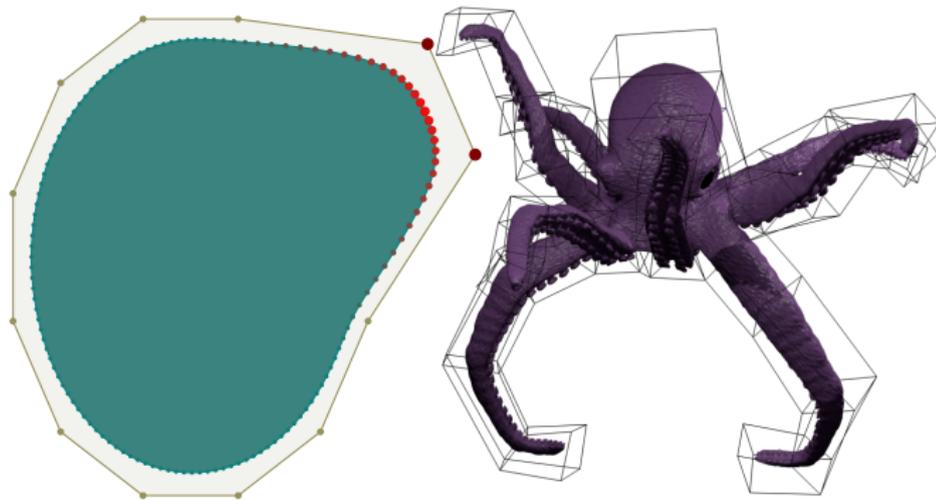
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



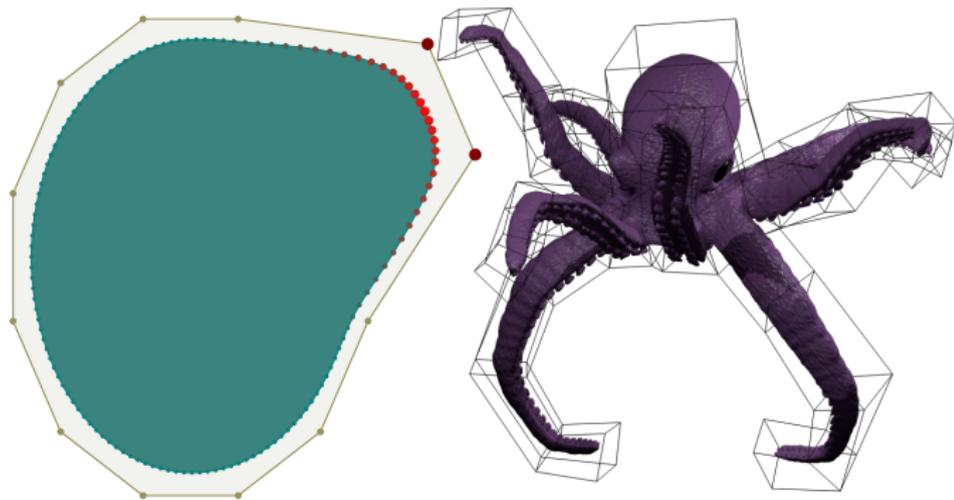
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



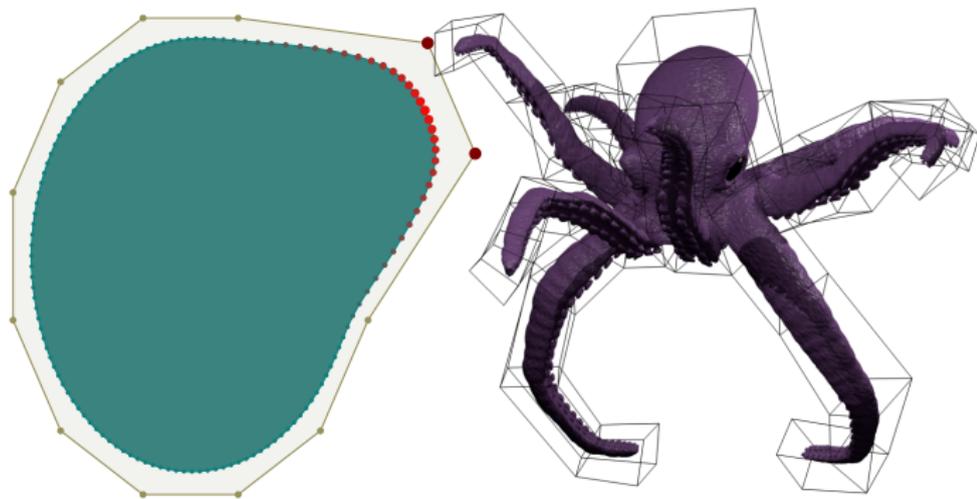
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



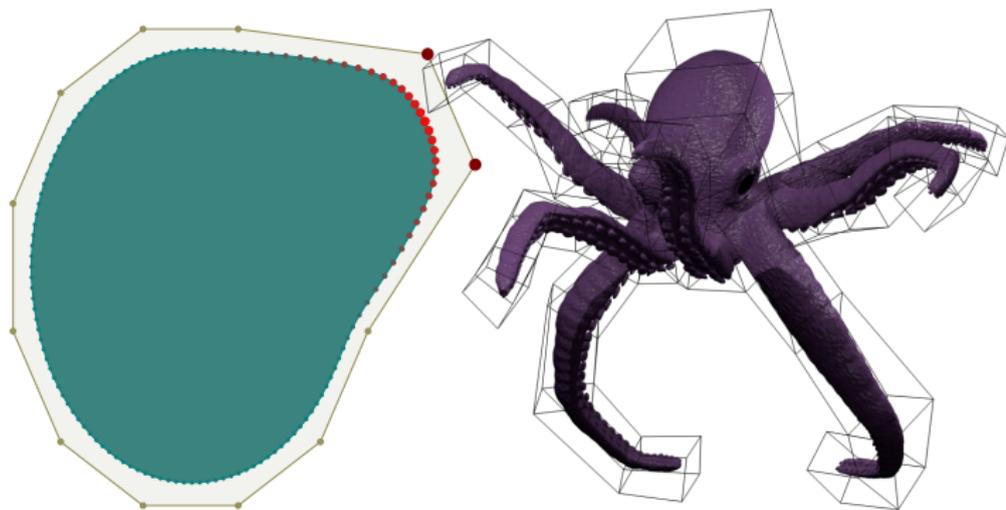
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



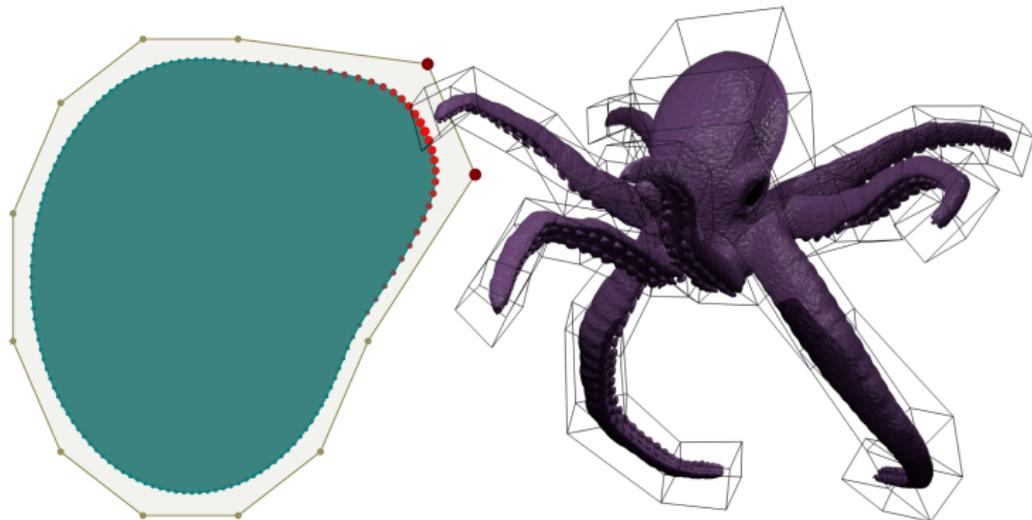
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



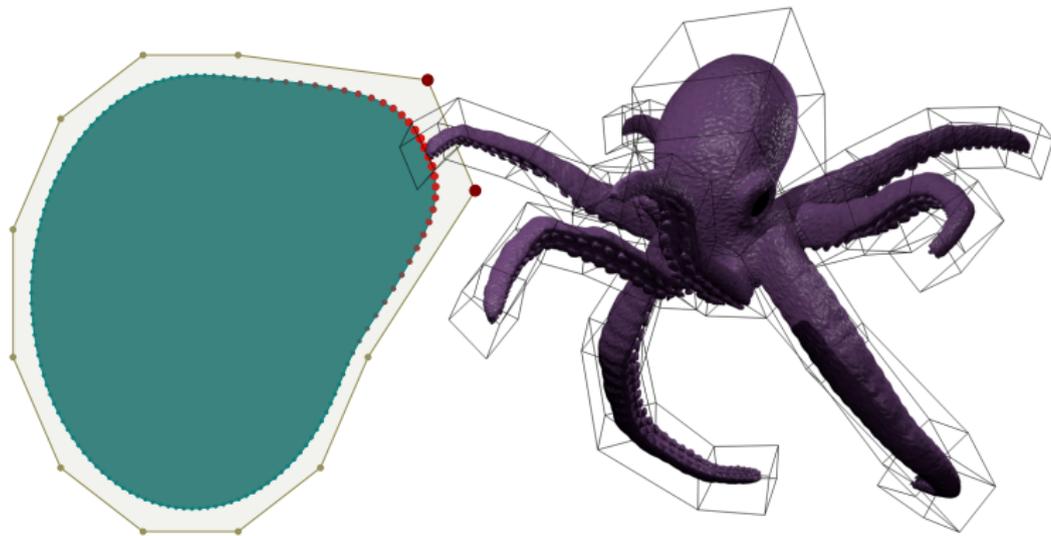
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



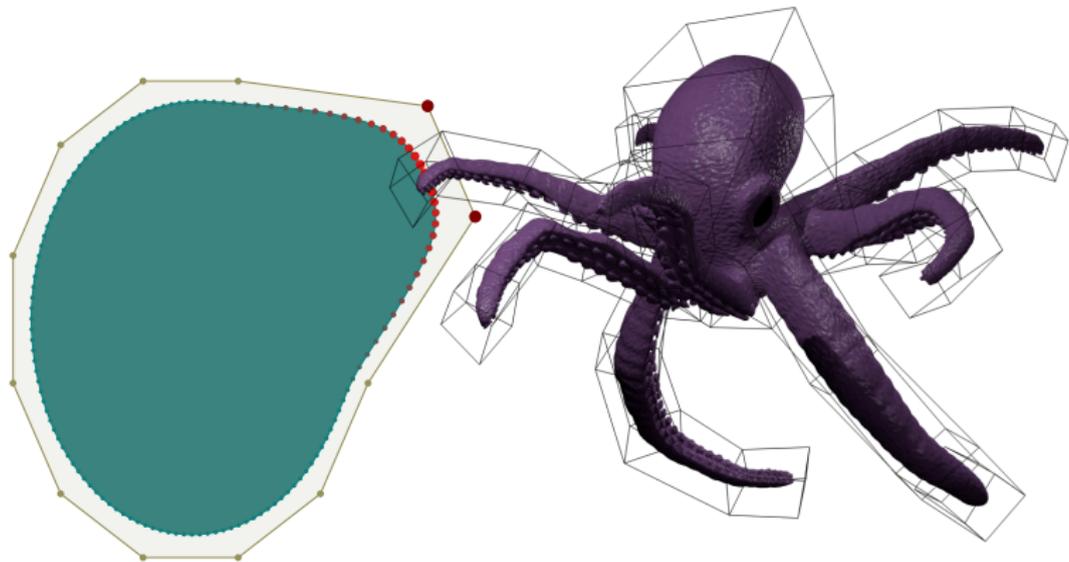
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



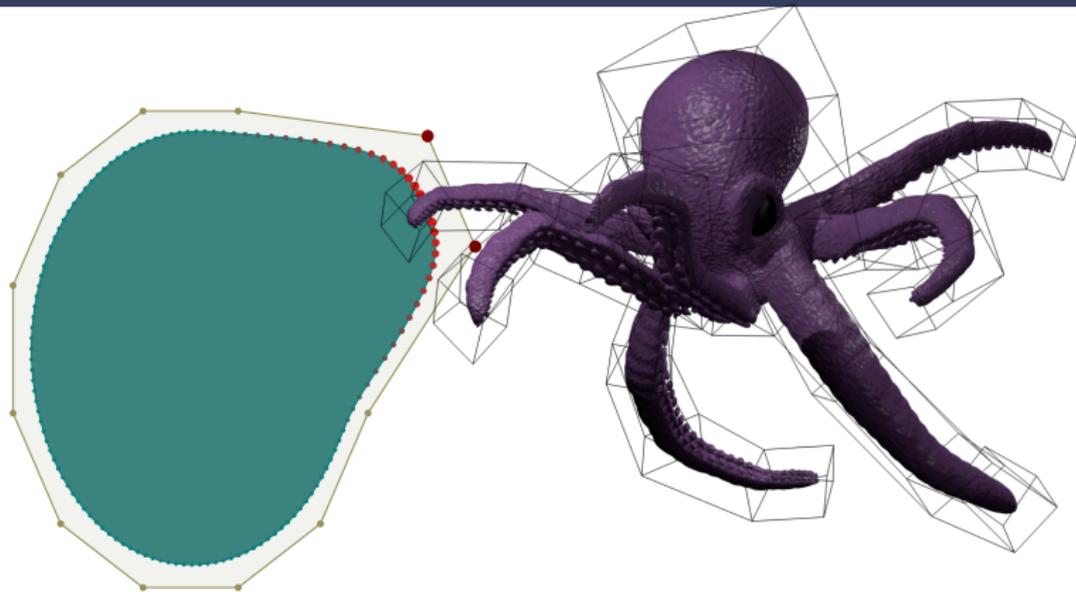
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



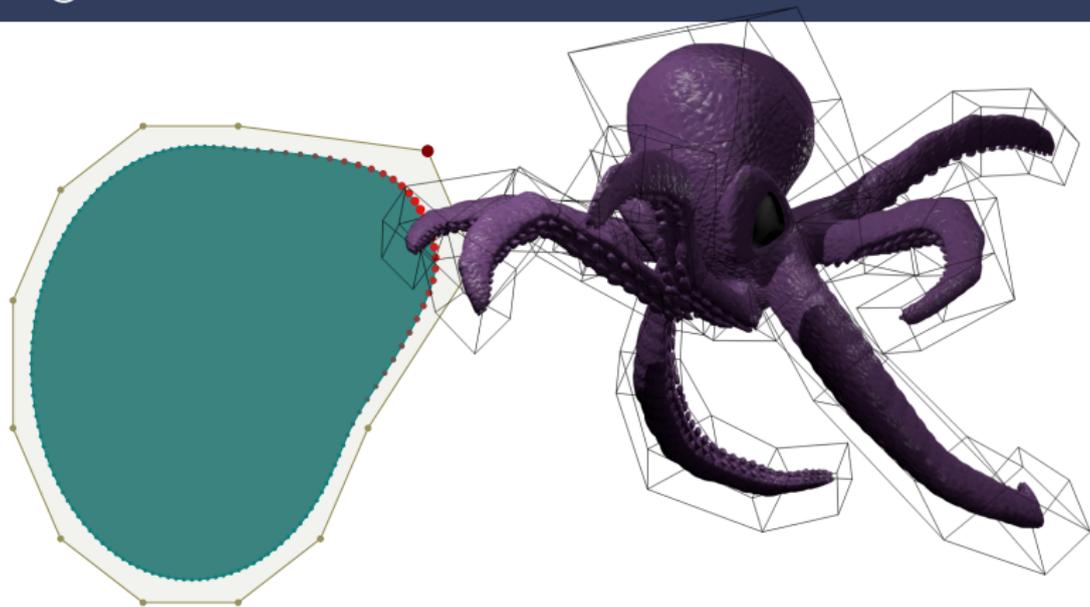
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



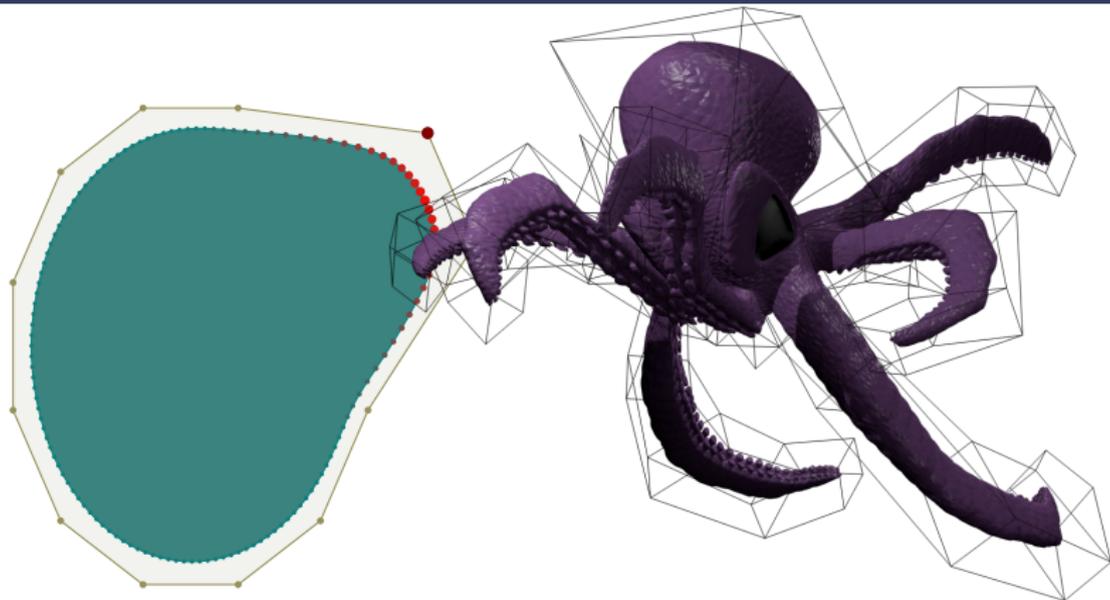
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



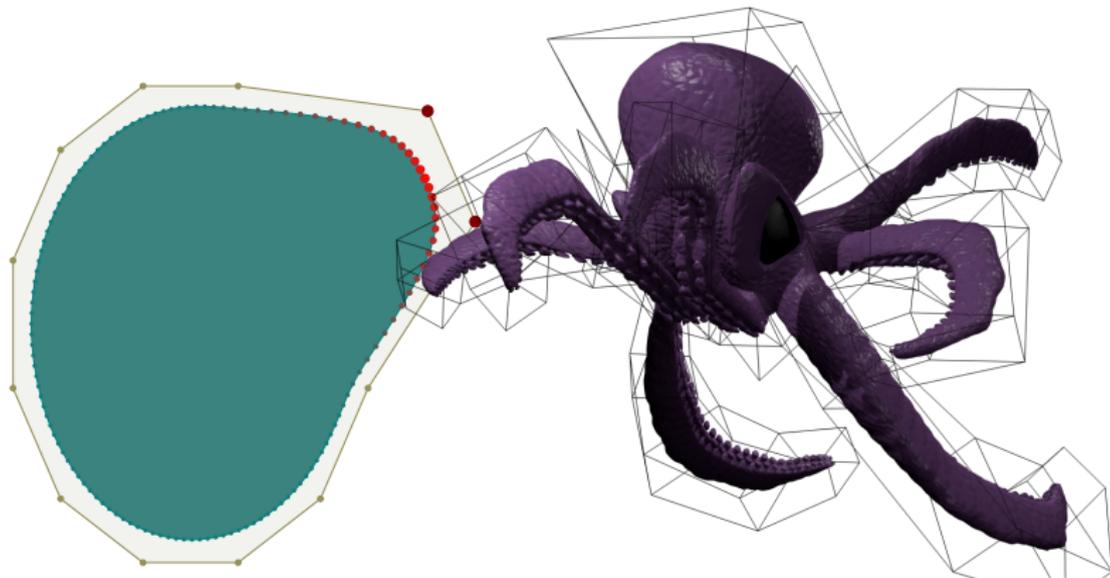
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



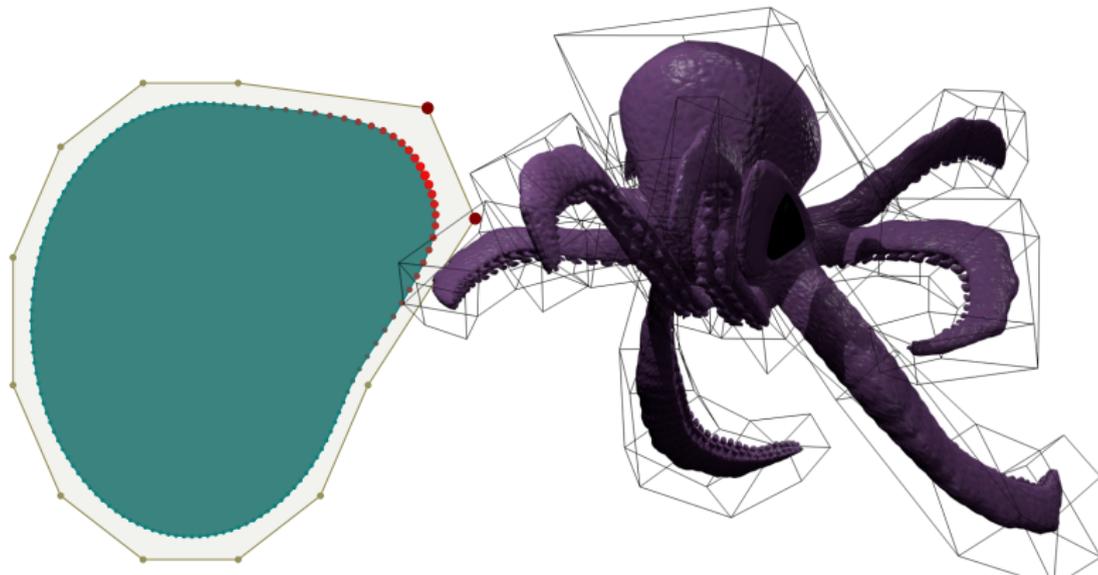
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



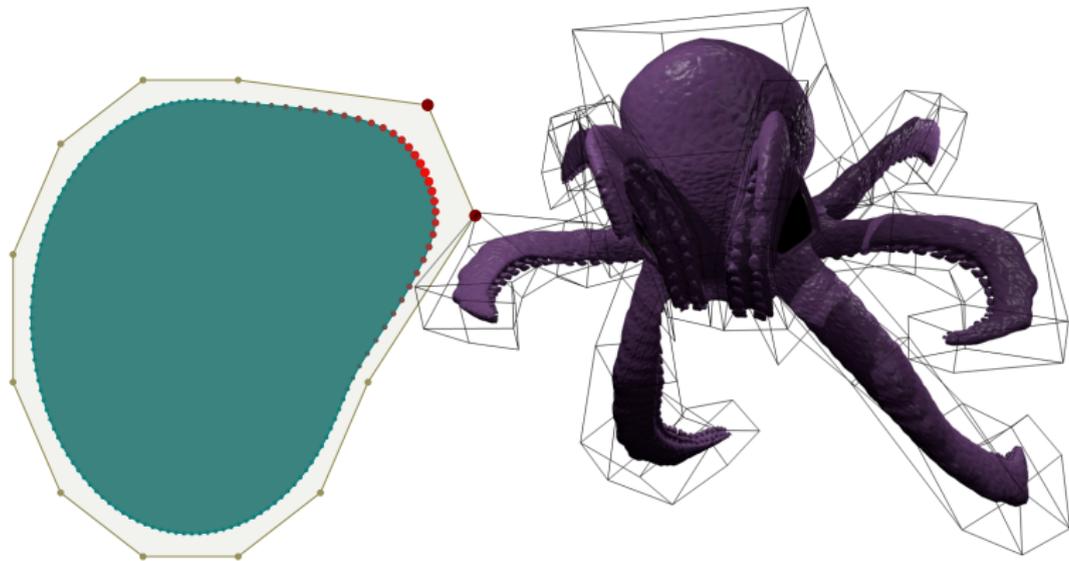
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



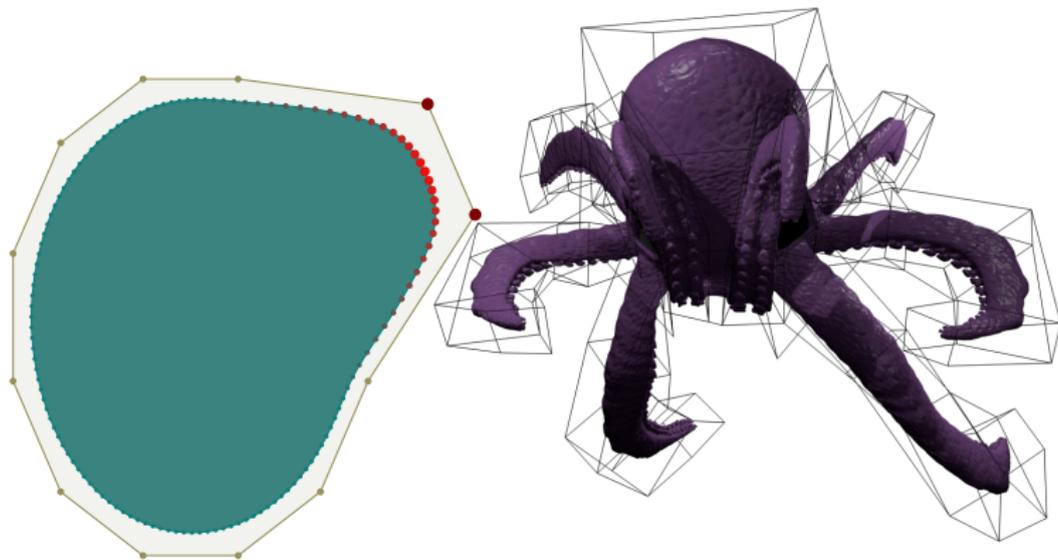
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



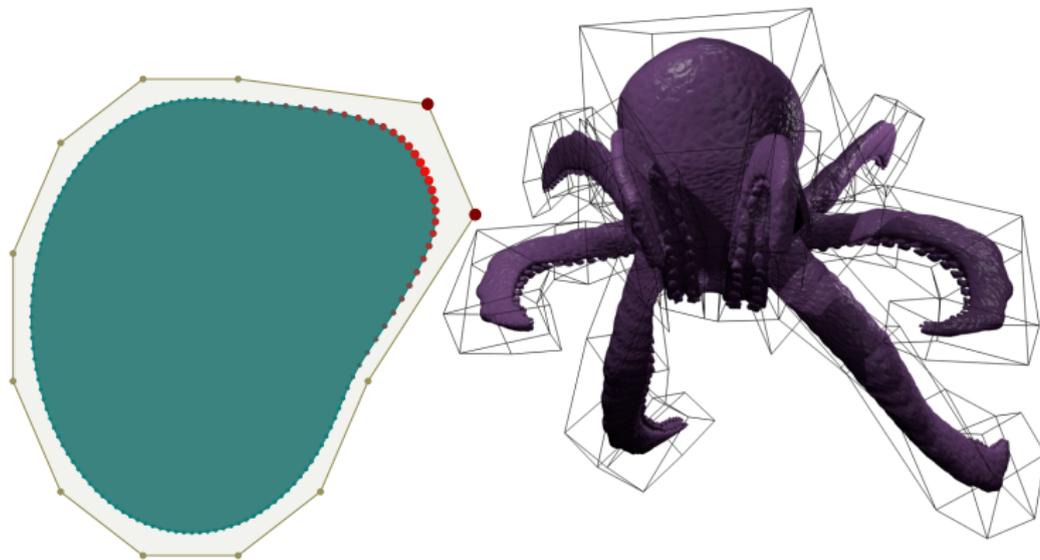
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



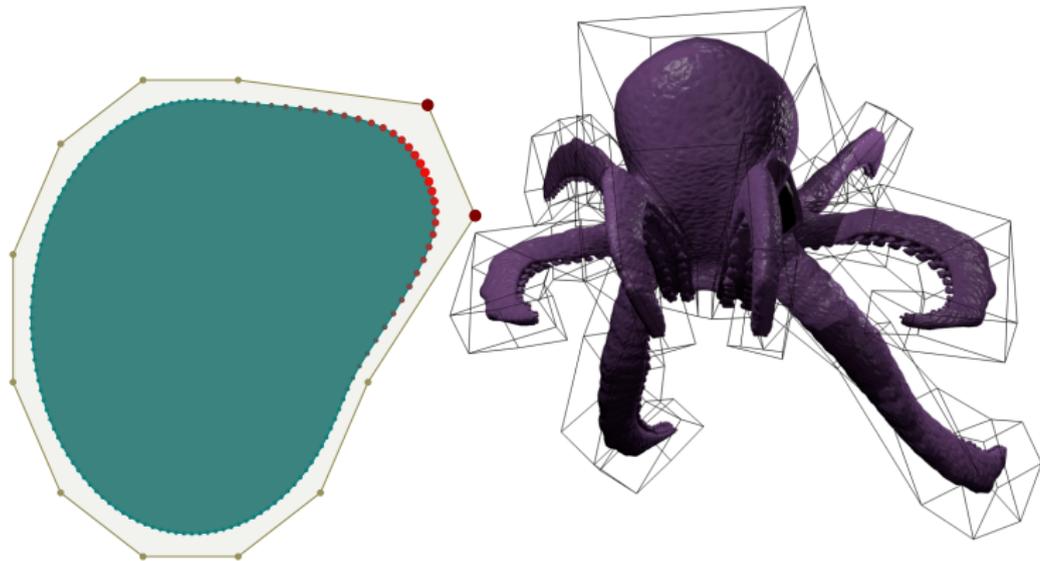
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



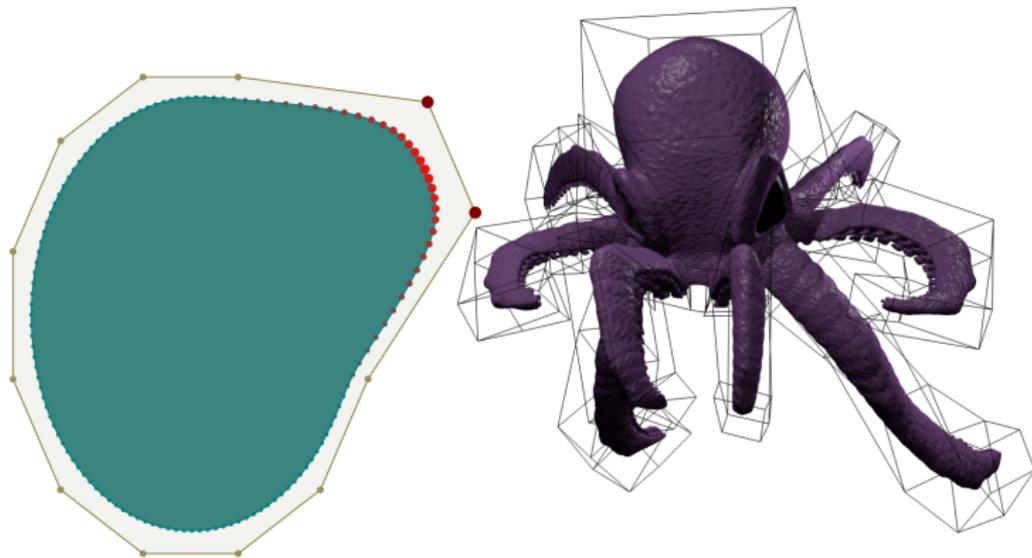
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



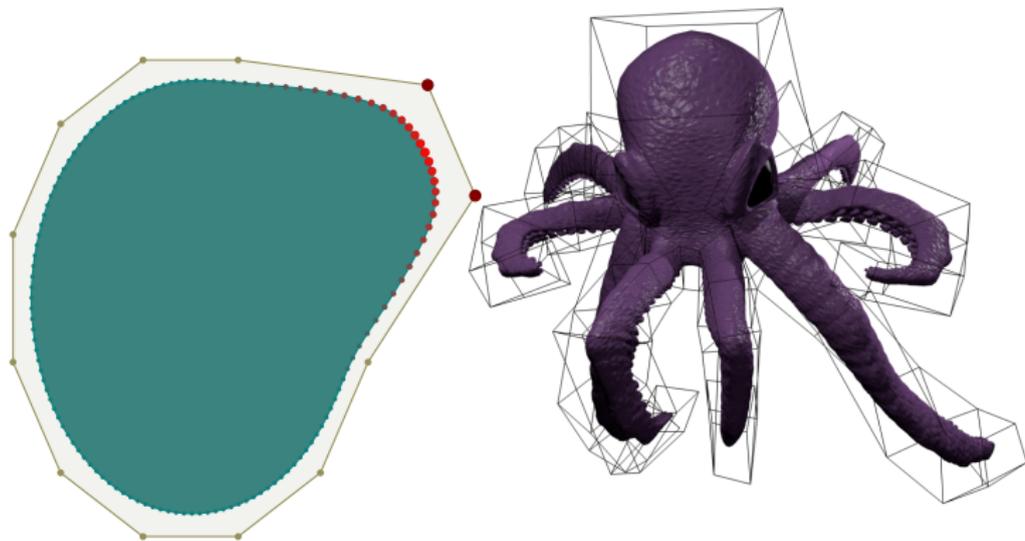
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



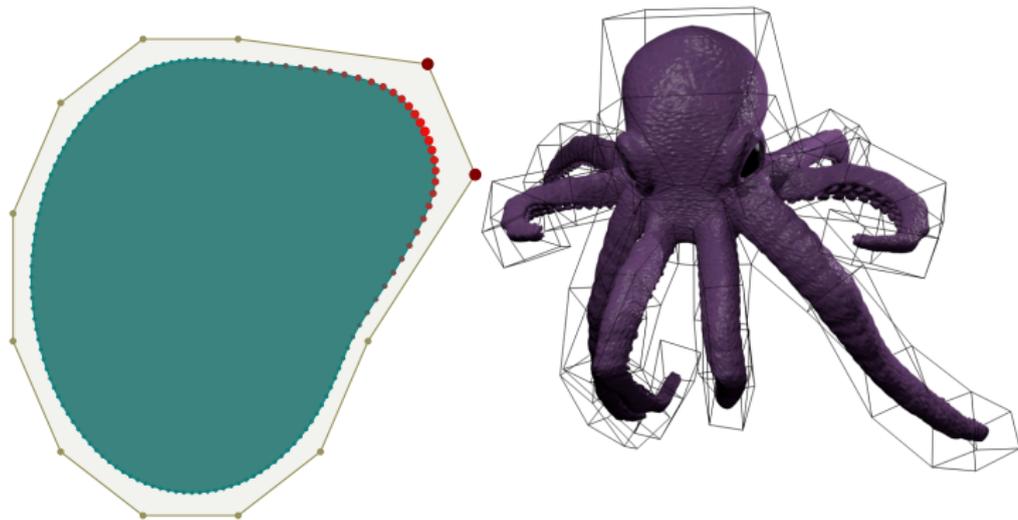
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



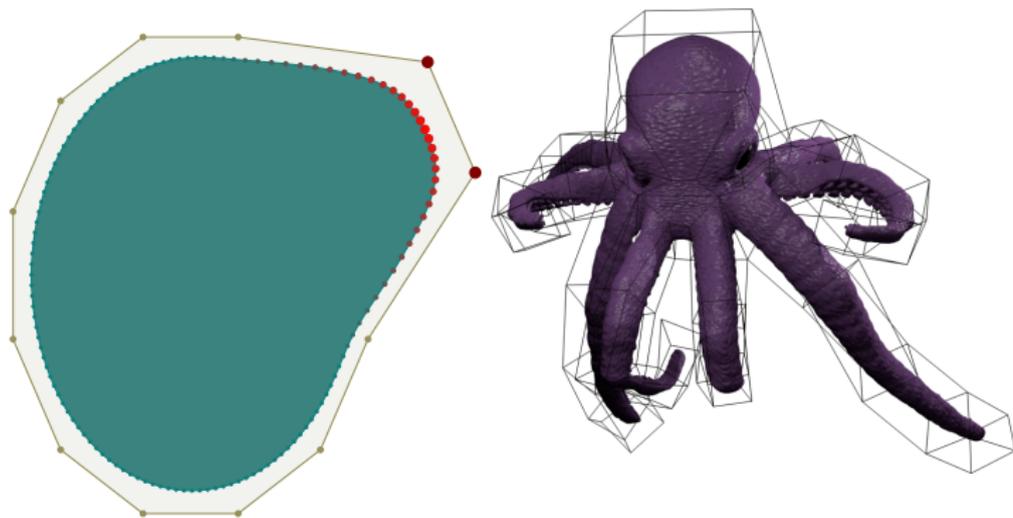
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



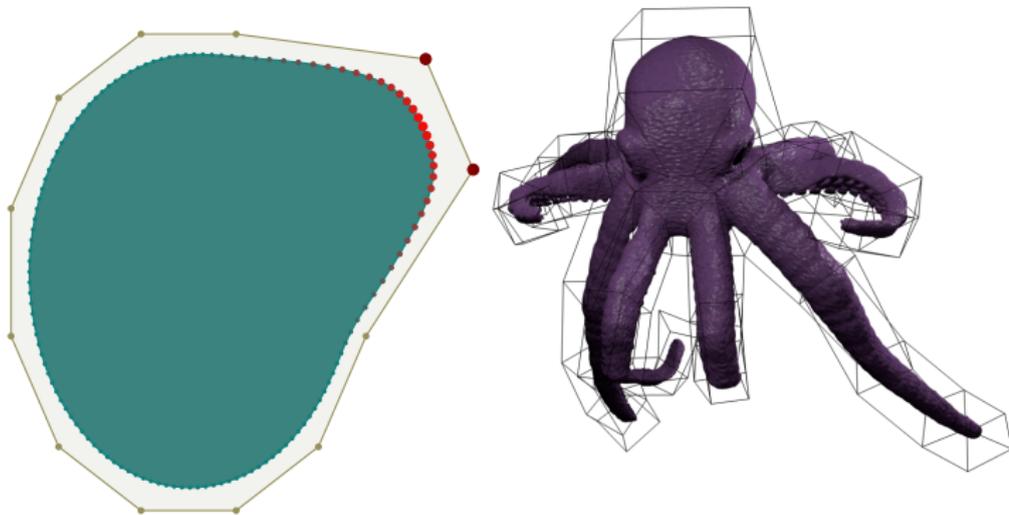
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



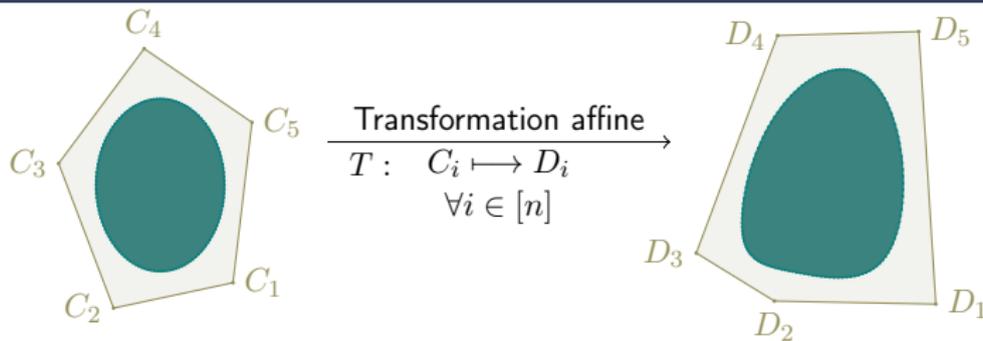
- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Une cage de déformation ?



- Simplification d'une **surface** discrète : positions de contrôle.
- Propose des déformations **adoucies** et **libres** de la surface.

Déformations basées cages : le concept¹



Étape de **binding** :

calcul des poids :

$$(\alpha_i(P))_{i \in [n]}$$

$$P = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) C_i$$

$$\sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) = 1$$

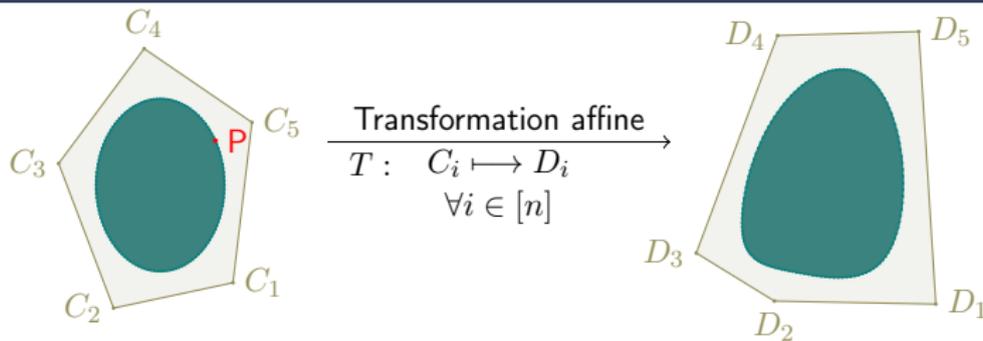
$$Q = T(P) = T\left(\sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) C_i\right)$$

$$Q = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) T(C_i)$$

$$Q = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) D_i$$

¹ rapport : section 7.1

Déformations basées cages : le concept¹



Étape de **binding** :

calcul des poids :

$$(\alpha_i(P))_{i \in [n]}$$

$$P = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) C_i$$

$$\sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) = 1$$

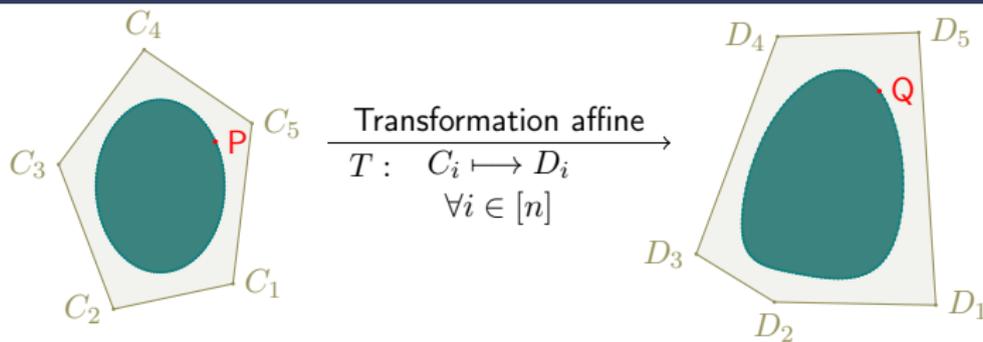
$$Q = T(P) = T\left(\sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) C_i\right)$$

$$Q = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) T(C_i)$$

$$Q = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) D_i$$

¹ rapport : section 7.1

Déformations basées cages : le concept¹



Étape de **binding** :

calcul des poids :

$$(\alpha_i(P))_{i \in [n]}$$

$$P = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) C_i$$

$$\sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) = 1$$

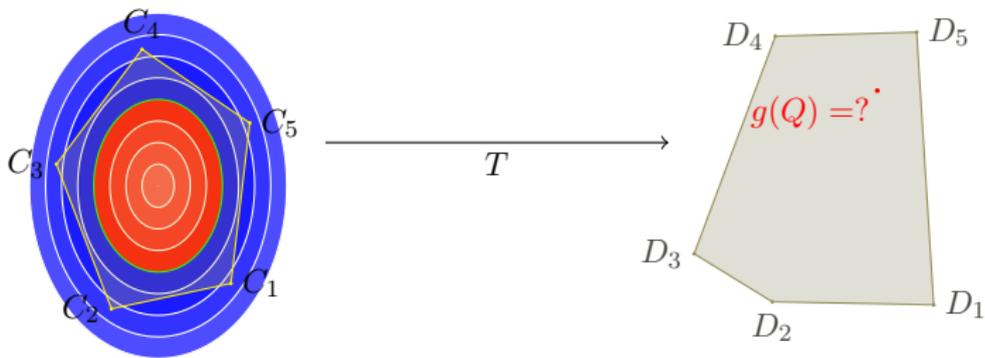
$$Q = T(P) = T\left(\sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) C_i\right)$$

$$Q = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) T(C_i)$$

$$Q = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) D_i$$

¹ rapport : section 7.1

Cages de déformations pour les surfaces implicites : un problème de recherche ?²



Evaluation de $g(Q)$.

Demande de trouver P :

$$P = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) C_i$$

tel que : $T(P) = Q$

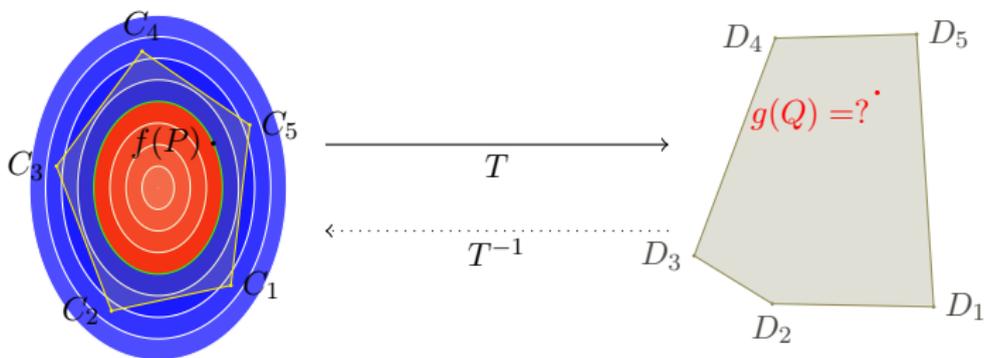
$$Q = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) T(C_i).$$

Problème :

T est surjective.

² rapport : section 7.2

Cages de déformations pour les surfaces implicites : un problème de recherche ?²



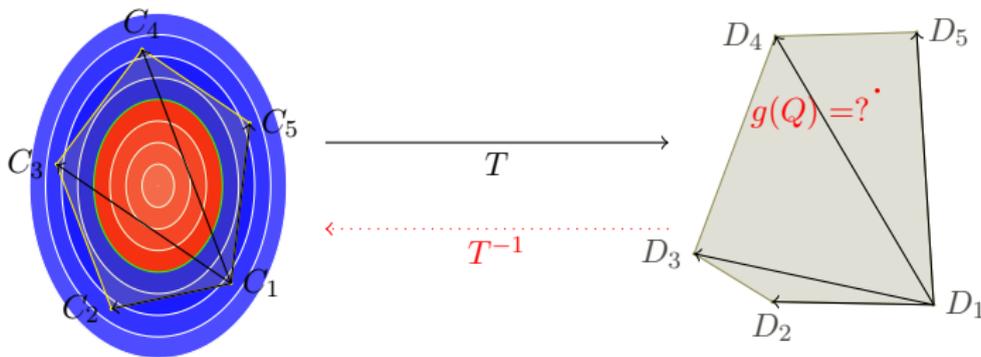
Evaluation de $g(Q)$.
 Demande de trouver P :
 $P = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) C_i$
 tel que : $T(P) = Q$

$$Q = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) T(C_i).$$

Problème :
 T est surjective.

² rapport : section 7.2

Cages de déformations pour les surfaces implicites : un problème de recherche ?²



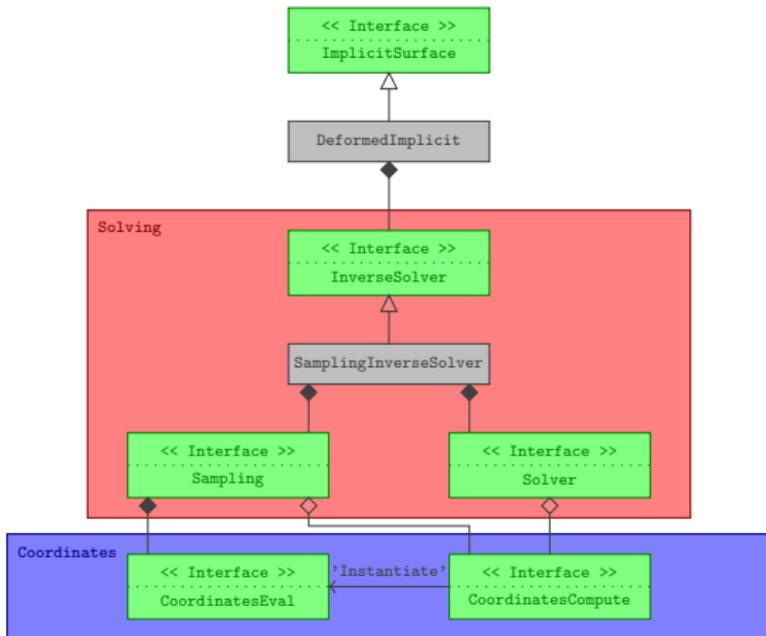
Evaluation de $g(Q)$.
 Demande de trouver P :
 $P = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) C_i$
 tel que : $T(P) = Q$

$$Q = \sum_{i \in [n]} \alpha_i(P) T(C_i).$$

Problème :
 T est surjective.

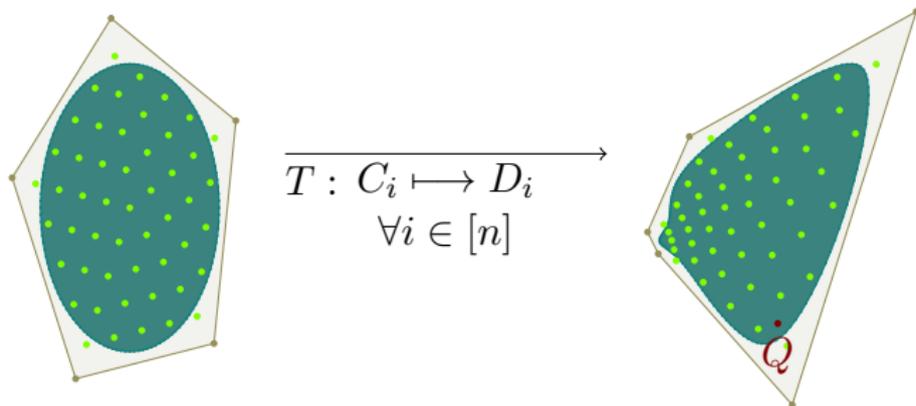
² rapport : section 7.2

Notre architecture de calcul d'un champs scalaire déformé³



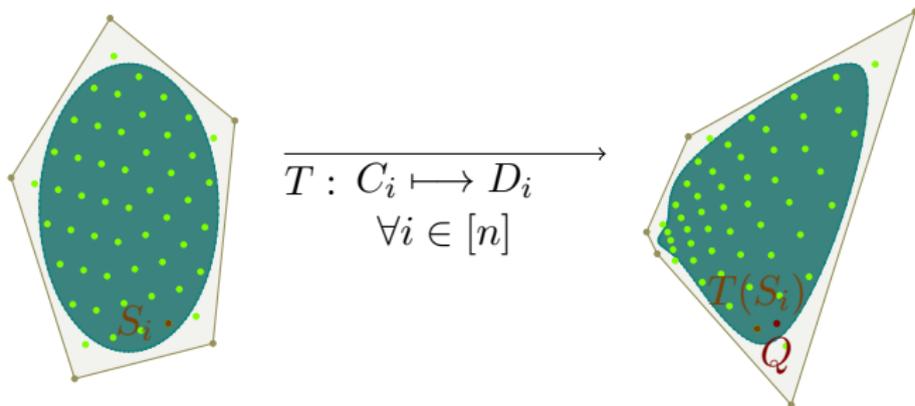
³ rapport : section 7.4

Résolution numérique : coordonnées cartésiennes



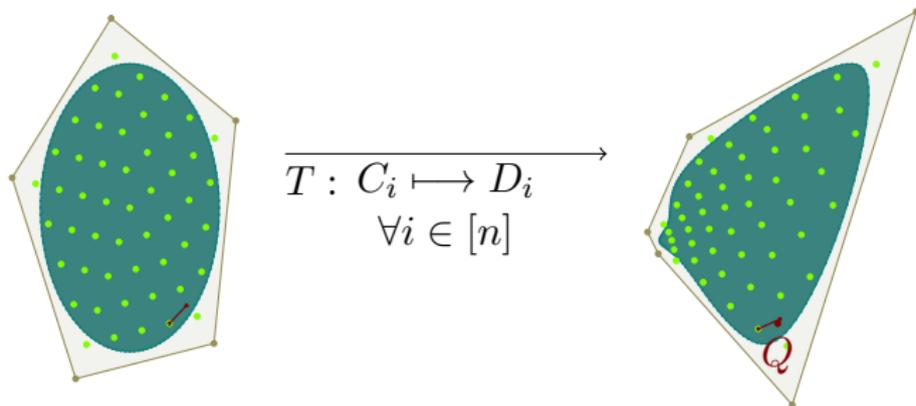
- Détection plus proche échantillon déformé.
- Résolution numérique depuis correspondance dans espace d'origine : méthode de Newton.
- Correspondance établie : donne P tel que $T(P) = Q$.

Résolution numérique : coordonnées cartésiennes



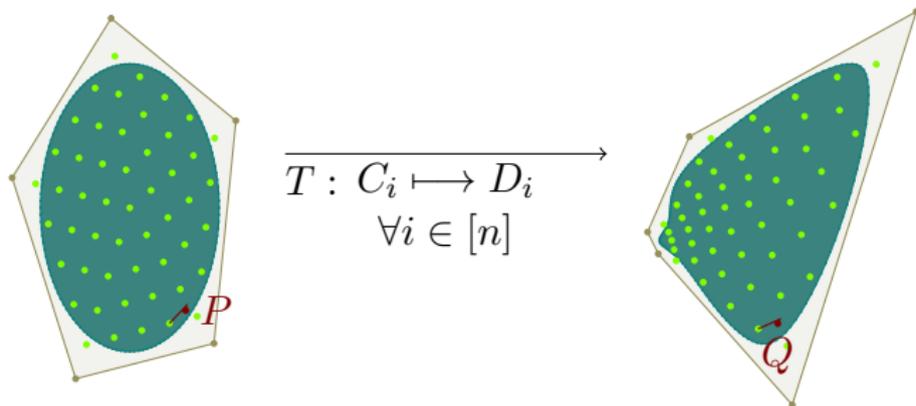
- Détection plus proche échantillon déformé.
- Résolution numérique depuis correspondance dans espace d'origine : méthode de Newton.
- Correspondance établie : donne P tel que $T(P) = Q$.

Résolution numérique : coordonnées cartésiennes



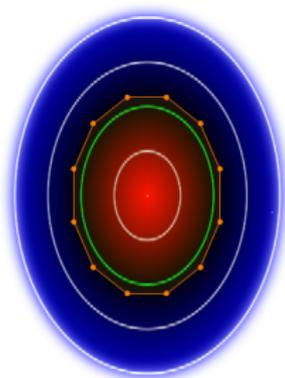
- Détection plus proche échantillon déformé.
- Résolution numérique depuis correspondance dans espace d'origine : méthode de Newton.
- Correspondance établie : donne P tel que $T(P) = Q$.

Résolution numérique : coordonnées cartésiennes

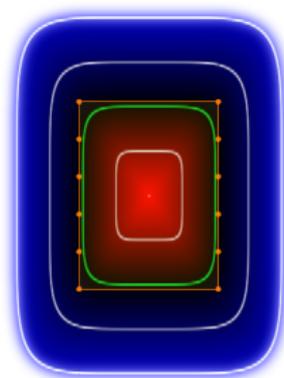


- Détection plus proche échantillon déformé.
- Résolution numérique depuis correspondance dans espace d'origine : méthode de Newton.
- Correspondance établie : donne P tel que $T(P) = Q$.

Résolution numérique : résultats



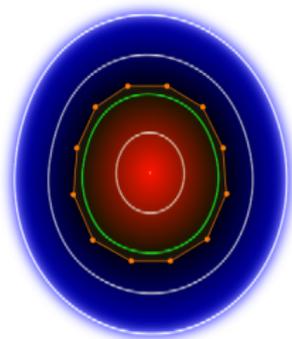
(a) Écrasement



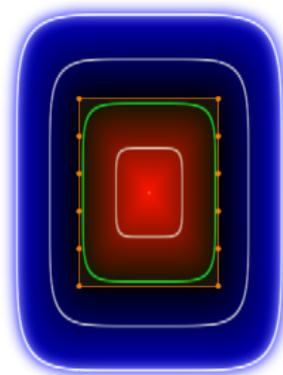
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



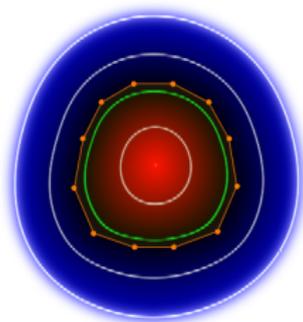
(a) Écrasement



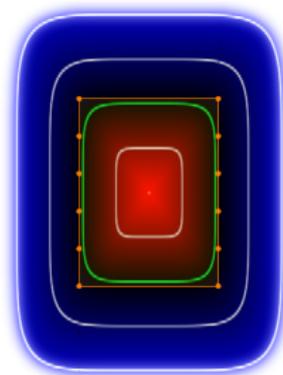
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



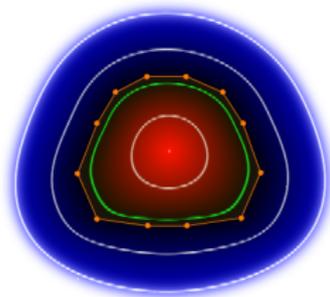
(a) Écrasement



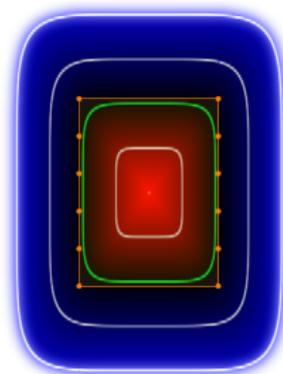
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



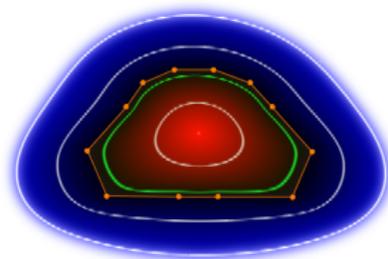
(a) Écrasement



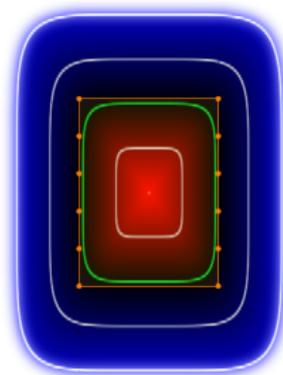
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



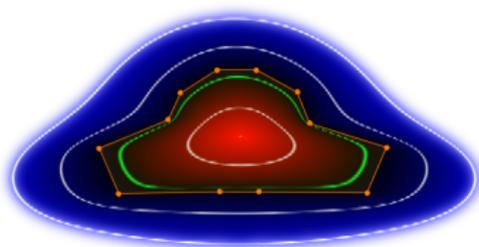
(a) Écrasement



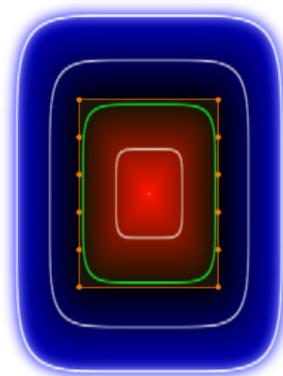
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



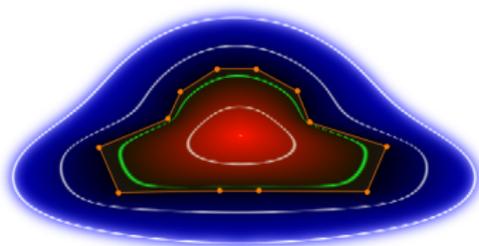
(a) Écrasement



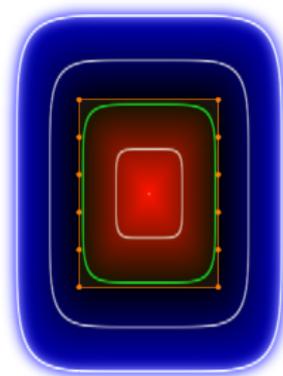
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



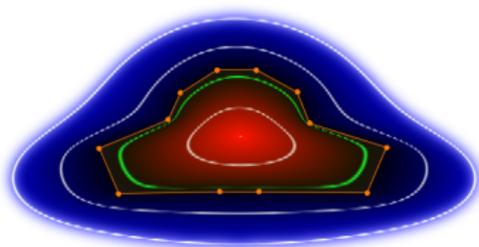
(a) Écrasement



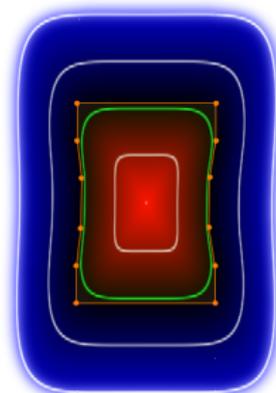
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



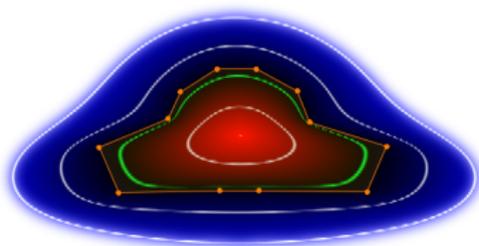
(a) Écrasement



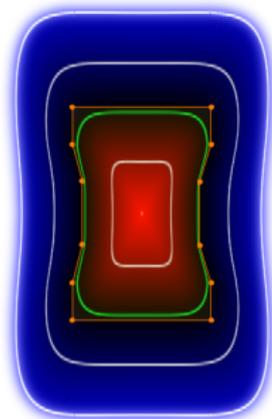
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



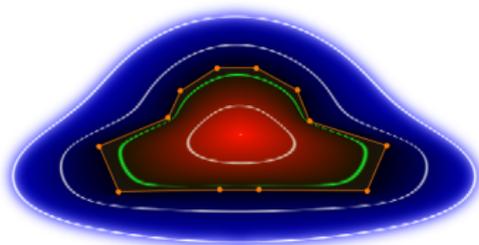
(a) Écrasement



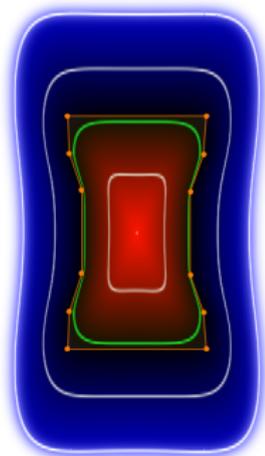
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



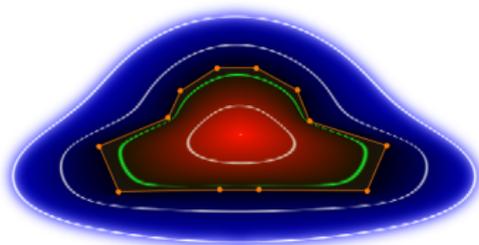
(a) Écrasement



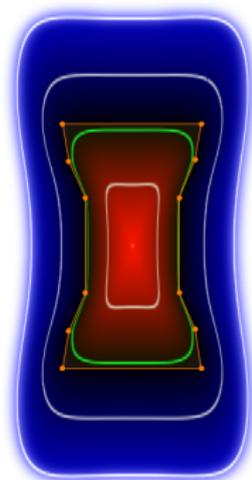
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



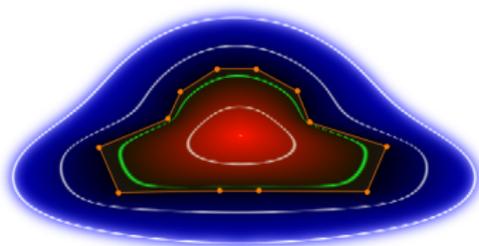
(a) Écrasement



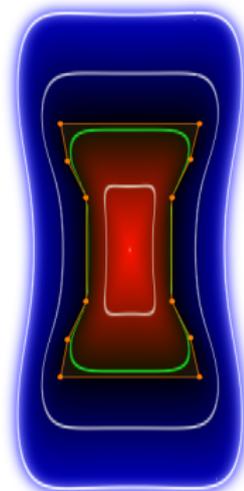
(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Résolution numérique : résultats



(a) Écrasement



(b) Étirement

Figure: Résultats de la résolution numérique directe (2D)

Motivation pour approximation de la déformation

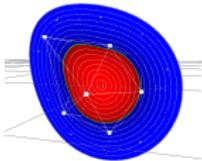
Méthode :	Résolution numérique (Coordonnées cartésiennes)
Résultat :	
Temps :	38.2s
Faiblesse :	Temps (Binding)
Détails :	rapport 8.2

Figure: Benchmark des différentes approches

cage : 12 sommets et 20 faces. 512×512 évaluations soit 2^{18} .

Motivation pour approximation de la déformation

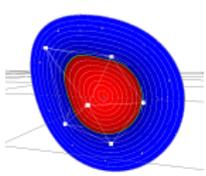
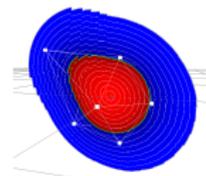
Méthode :	Résolution numérique	
	(Coordonnées cartésiennes)	(Coordonnées barycentriques)
Résultat :		
Temps :	38.2s	2.4s
Faiblesse :	Temps (Binding)	Champs (Continuité)
Détails :	rapport 8.2	rapport 8.3

Figure: Benchmark des différentes approches

cage : 12 sommets et 20 faces. 512×512 évaluations soit 2^{18} .

Motivation pour approximation de la déformation

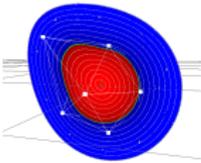
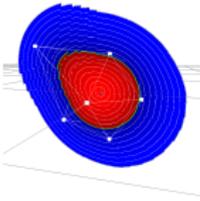
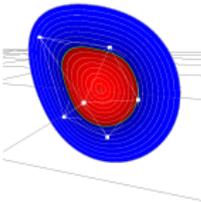
Méthode :	Résolution numérique (Coordonnées cartésiennes)	Résolution numérique (Coordonnées barycentriques)	Approximation par grille (trilinéaire) (Détection plus proche voisin)
Résultat :			
Temps :	38.2s	2.4s	1.29s
Faiblesse :	Temps (Binding)	Champs (Continuité)	Robustesse (Détection)
Détails :	rapport 8.2	rapport 8.3	rapport 9.2.1 annexe C1

Figure: Benchmark des différentes approches

cage : 12 sommets et 20 faces. 512×512 évaluations soit 2^{18} .

Motivation pour approximation de la déformation

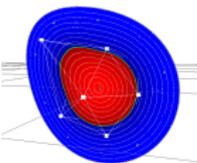
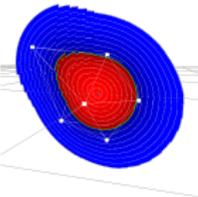
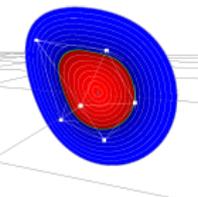
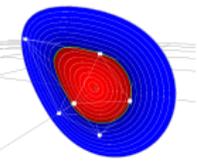
Méthode :	Résolution numérique		Approximation par grille (trilinéaire)	
	(Coordonnées cartésiennes)	(Coordonnées barycentriques)	(Détection plus proche voisin)	(Détection tétraèdres)
Résultat :				
Temps :	38.2s	2.4s	1.29s	805ms
Faiblesse :	Temps (Binding)	Champs (Continuité)	Robustesse (Détection)	Précision (Taille cellules)
Détails :	rapport 8.2	rapport 8.3	rapport 9.2.1 annexe C1	rapport 9.2.2, 9.4 et 10.3

Figure: Benchmark des différentes approches

cage : 12 sommets et 20 faces. 512×512 évaluations soit 2^{18} .

Détection d'antécédents dans la grille d'approximation

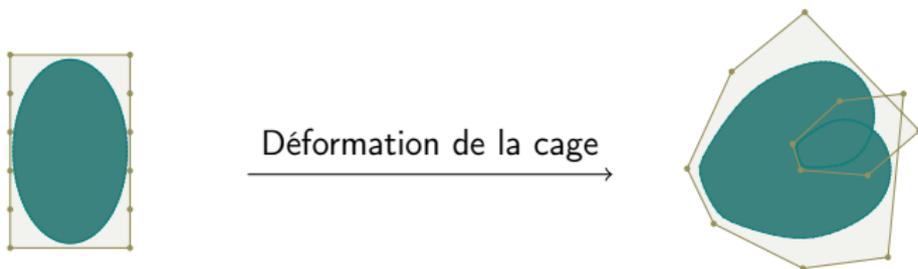


Figure: **Détection multiple et auto-intersection**

Détection d'antécédents dans la grille d'approximation

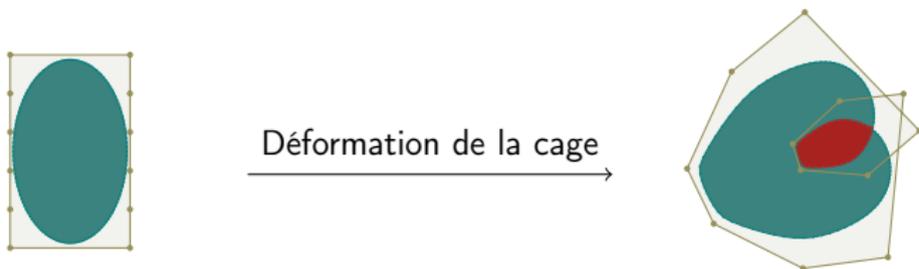


Figure: **Détection multiple et auto-intersection**

Détection d'antécédents dans la grille d'approximation



Figure: **Détection multiple et auto-intersection**

Détection d'antécédents dans la grille d'approximation

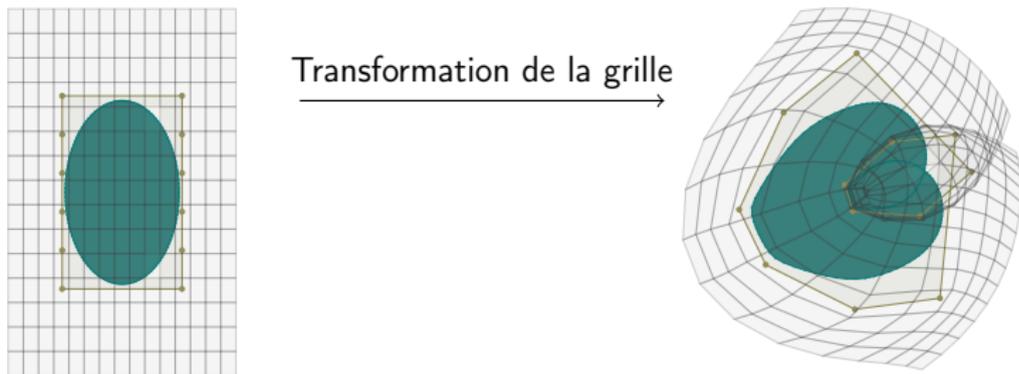


Figure: **Détection multiple et auto-intersection**

Détection d'antécédents dans la grille d'approximation

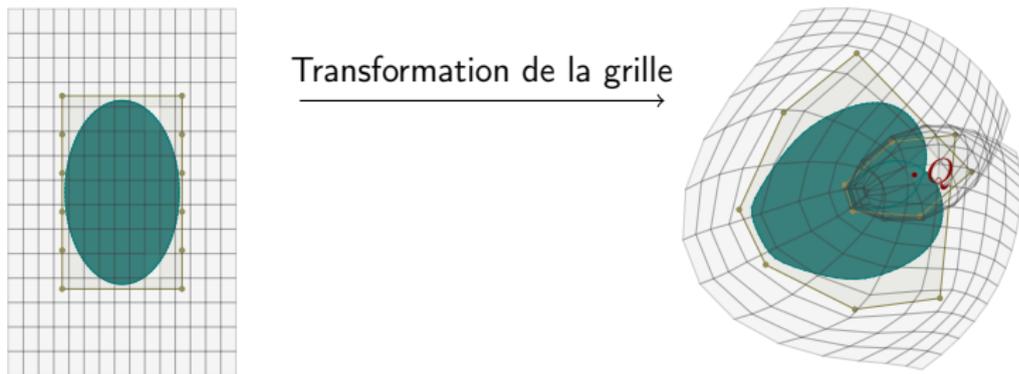


Figure: **Détection multiple et auto-intersection**

Détection d'antécédents dans la grille d'approximation

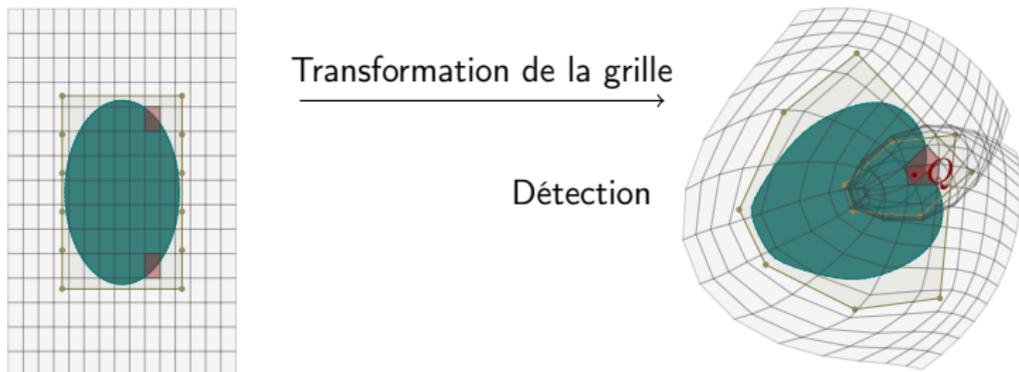


Figure: **Détection multiple et auto-intersection**

Détection d'antécédents dans la grille d'approximation

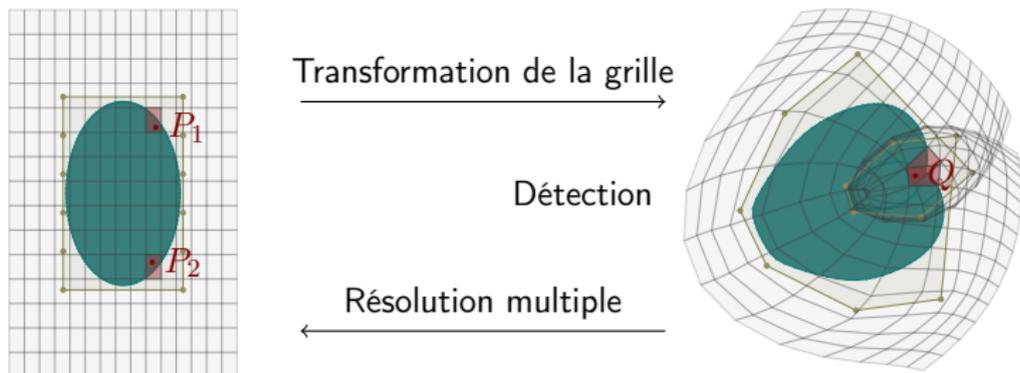


Figure: **Détection multiple et auto-intersection**

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.

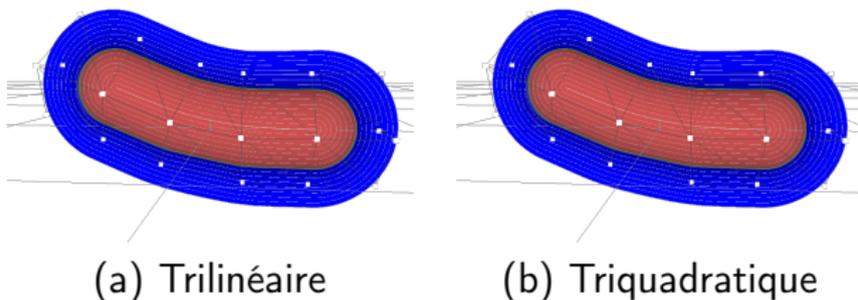


Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.

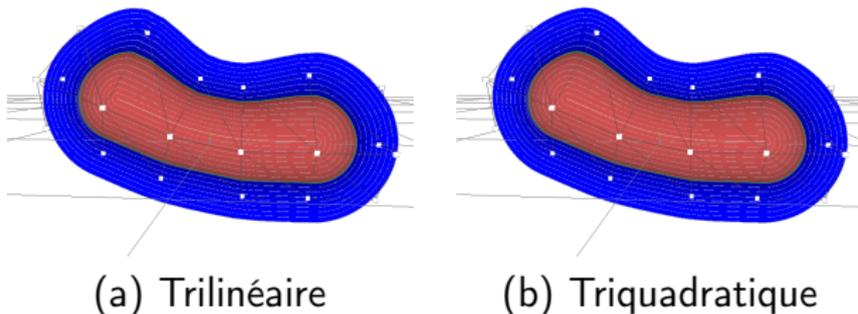


Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.

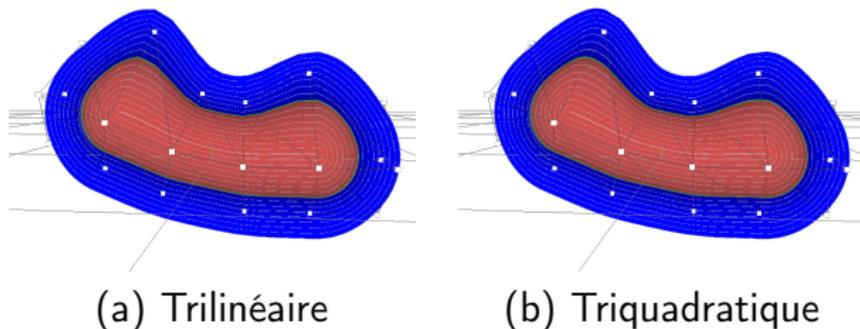


Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.

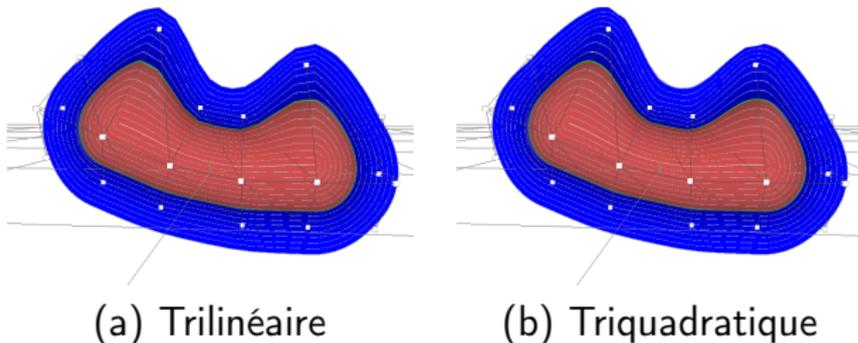


Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.

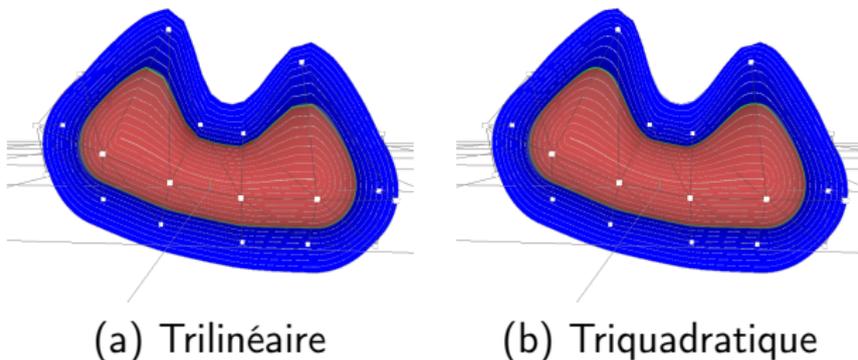
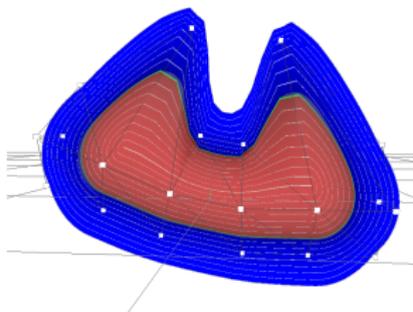


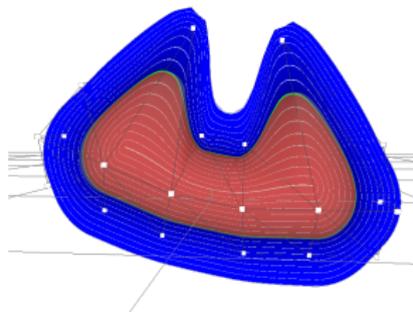
Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.



(a) Trilinéaire

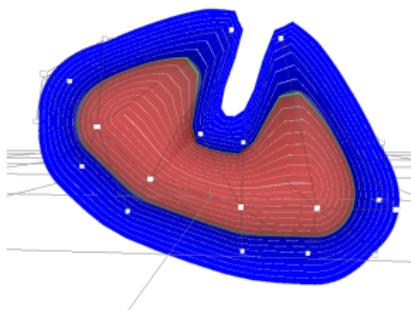


(b) Triquadratique

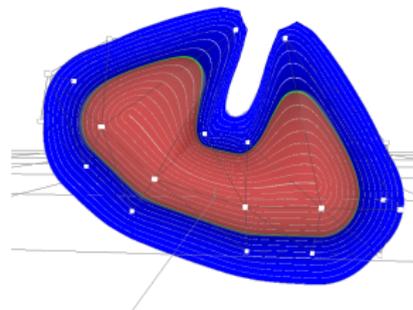
Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.



(a) Trilinéaire



(b) Triquadratique

Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.

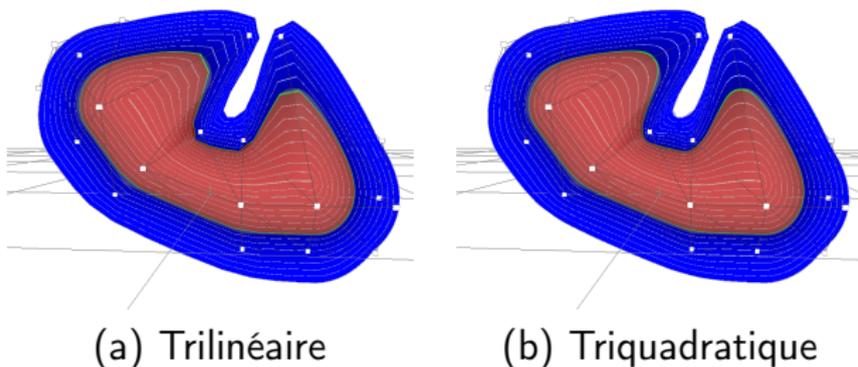


Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.

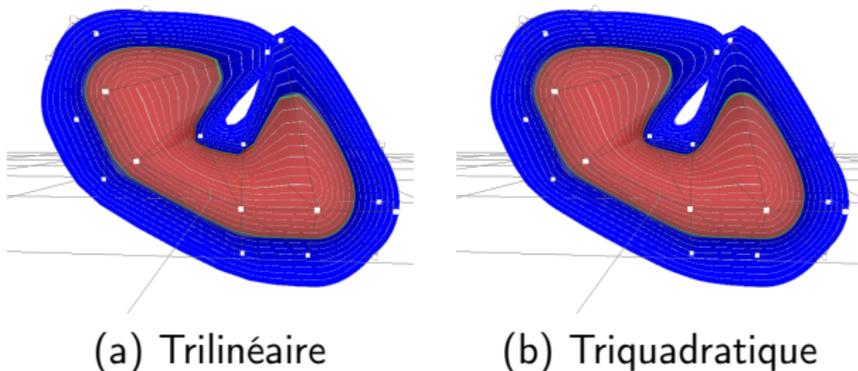


Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.

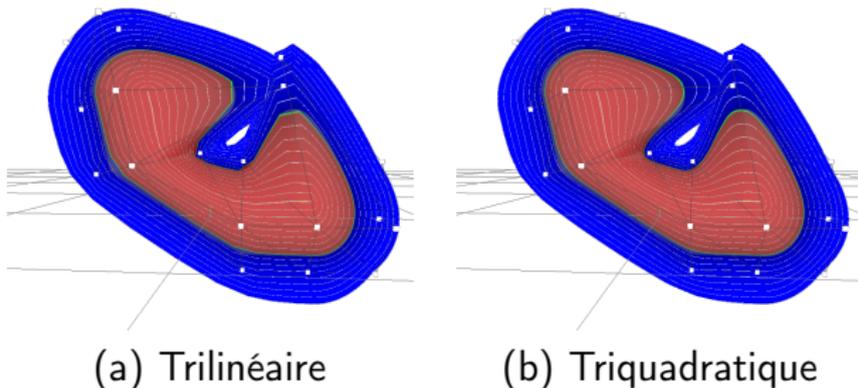


Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.

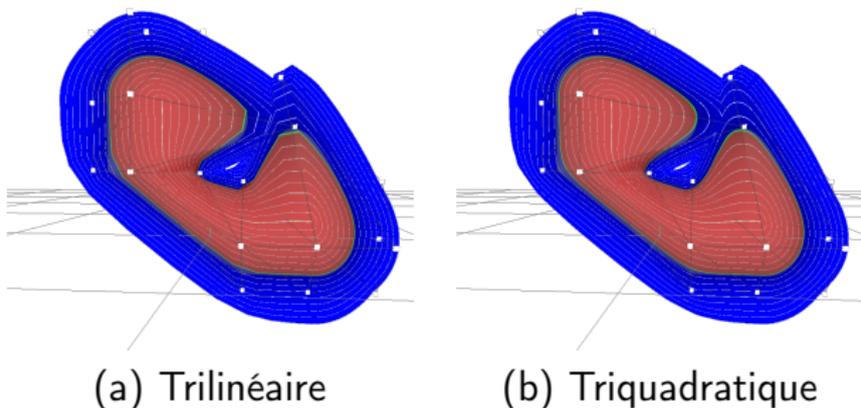


Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Reconstruction de l'interpolation de l'espace

- Interpolation de l'espace déformé par une B-spline.
- Résolution numérique pour établir la correspondance.
- Continuité \mathcal{C}^1 de l'interpolation triquadratique.

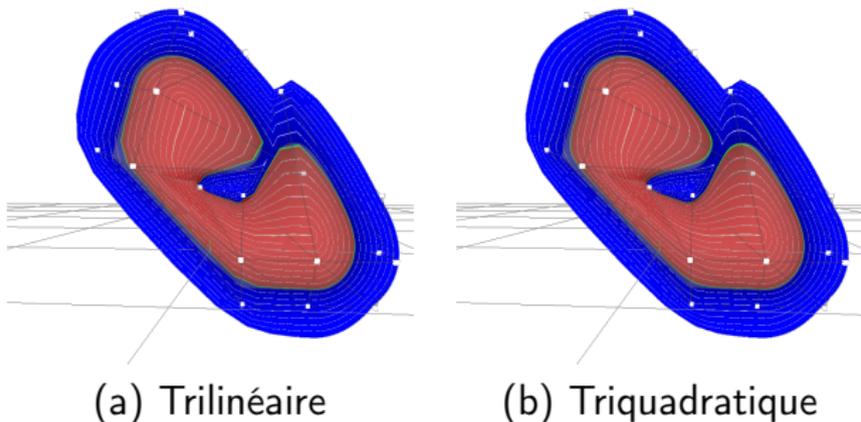


Figure: Reconstruction d'un champ scalaire par interpolation

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

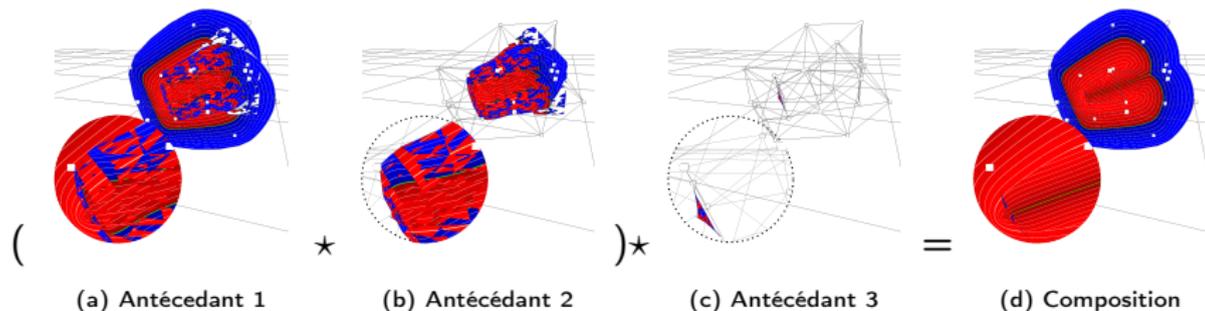


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

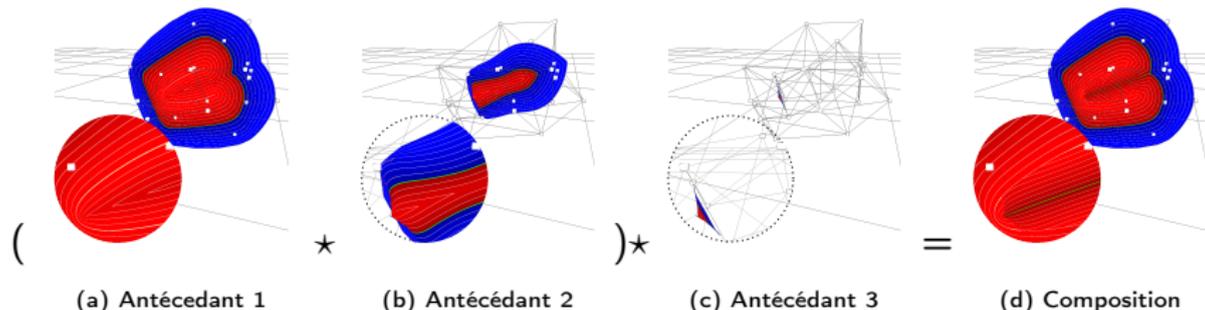


Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

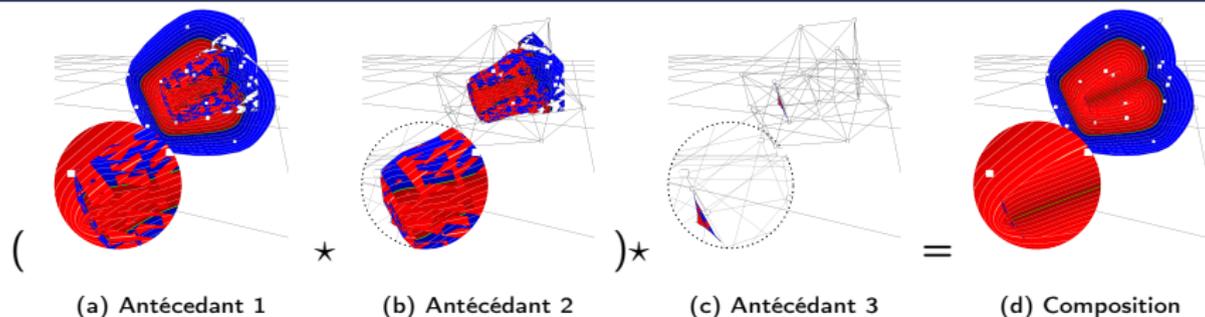
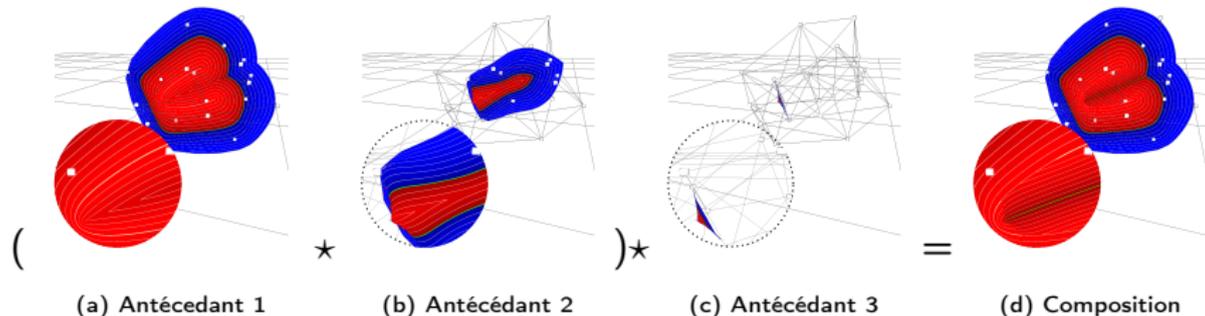


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

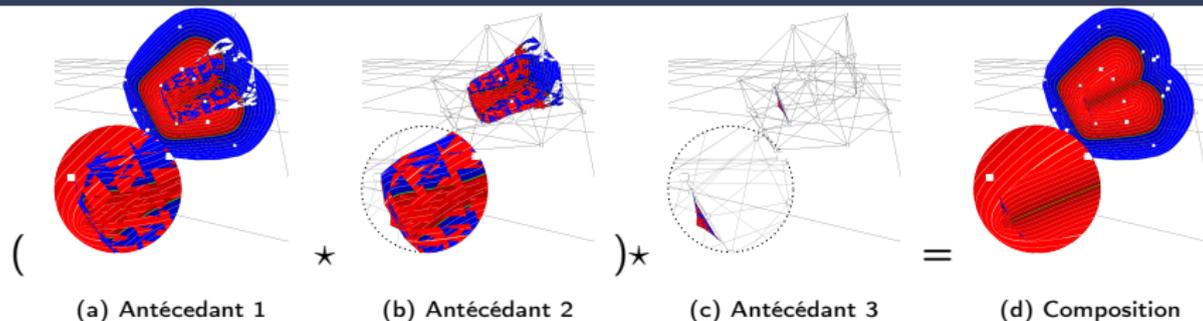
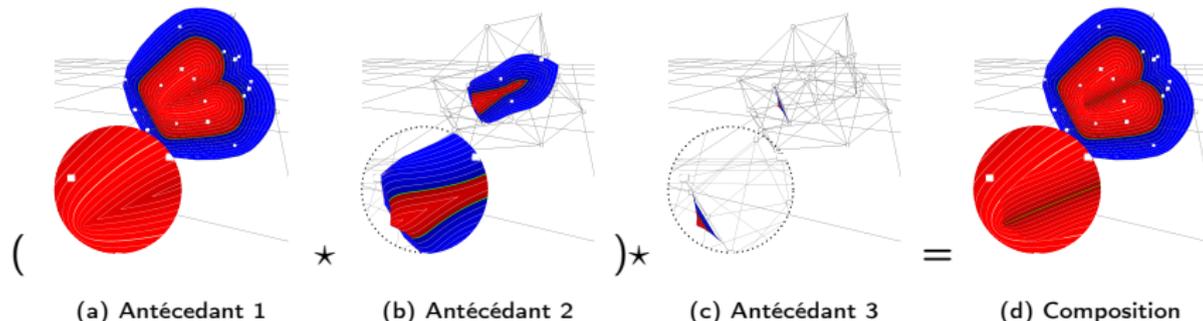


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

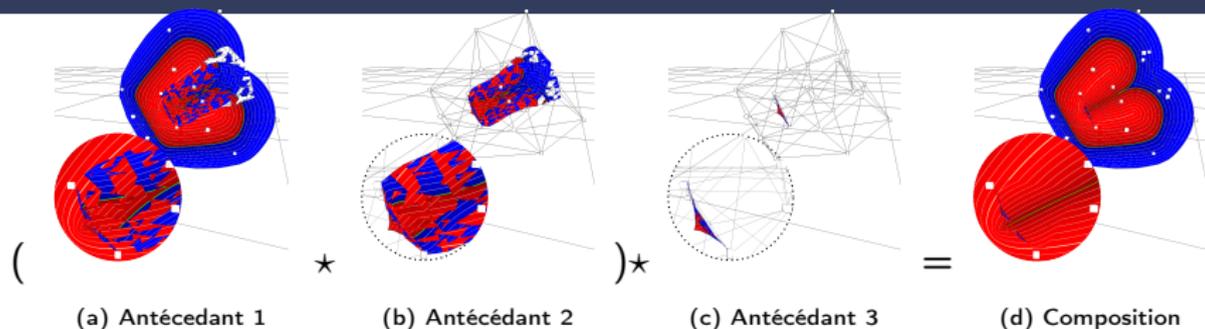
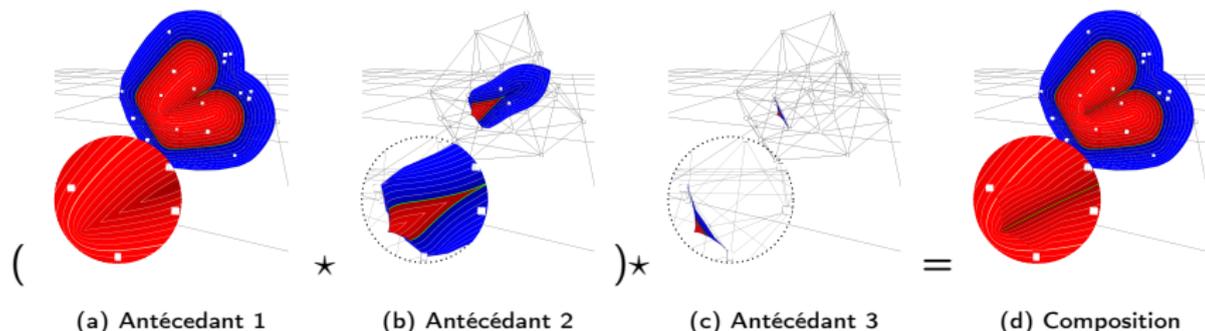


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

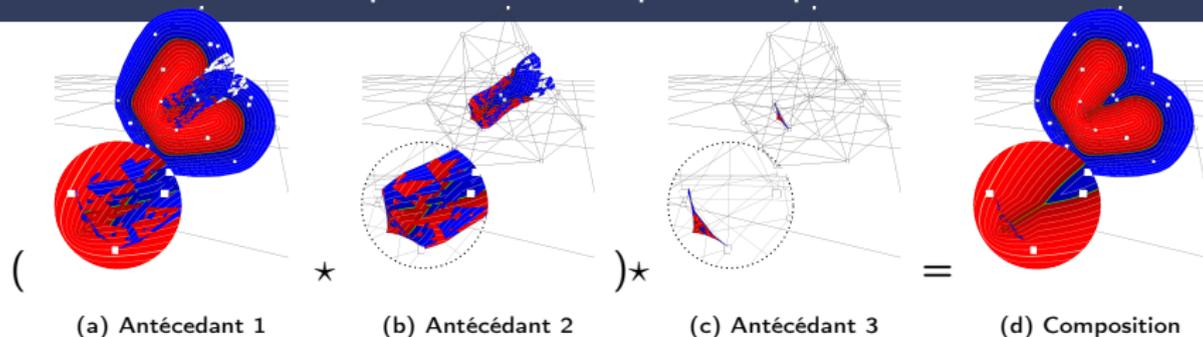
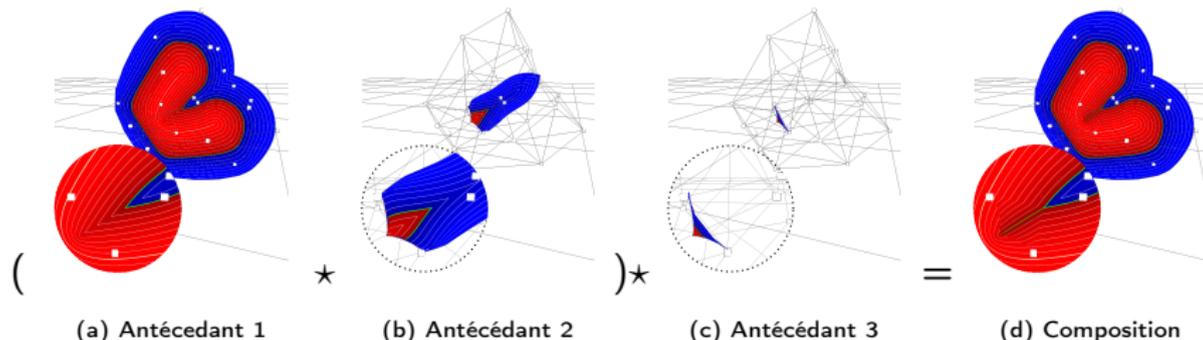


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

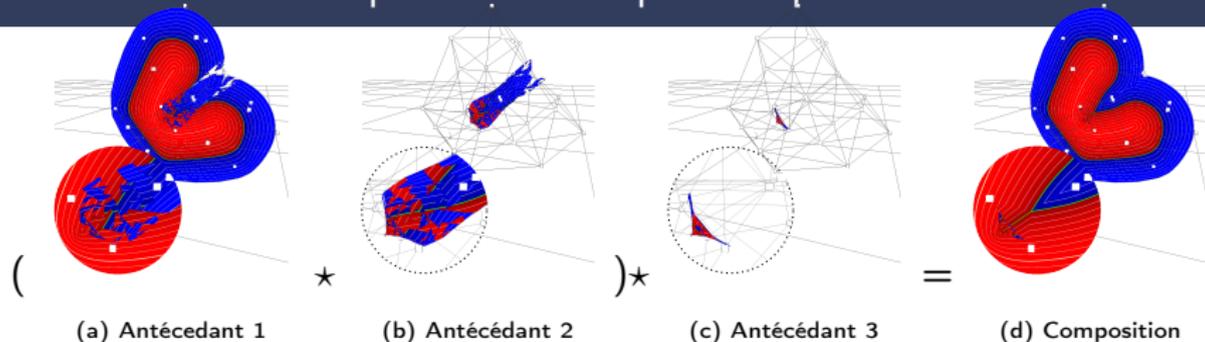
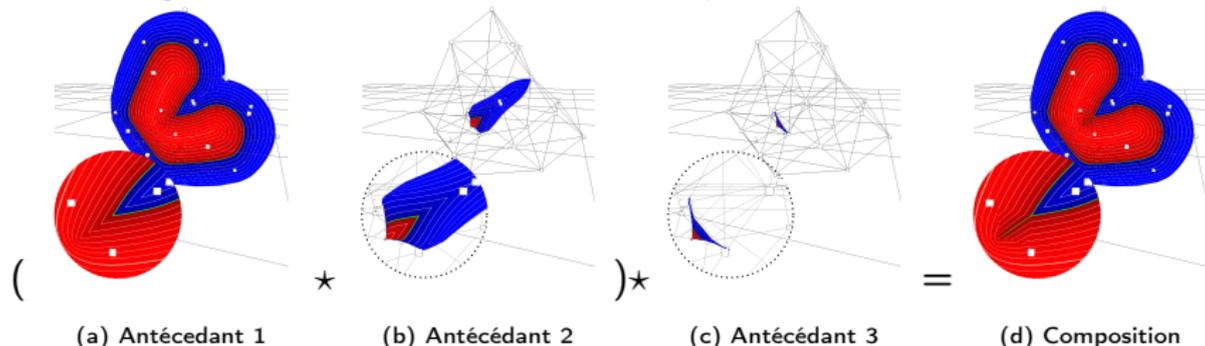


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

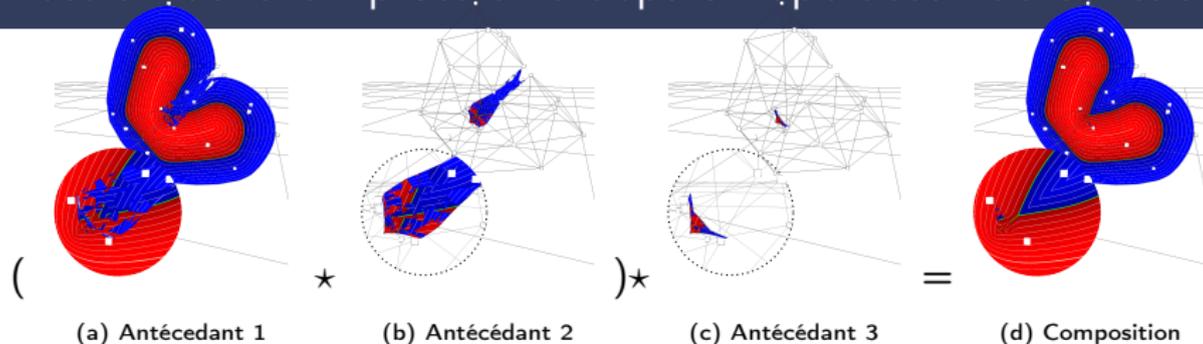
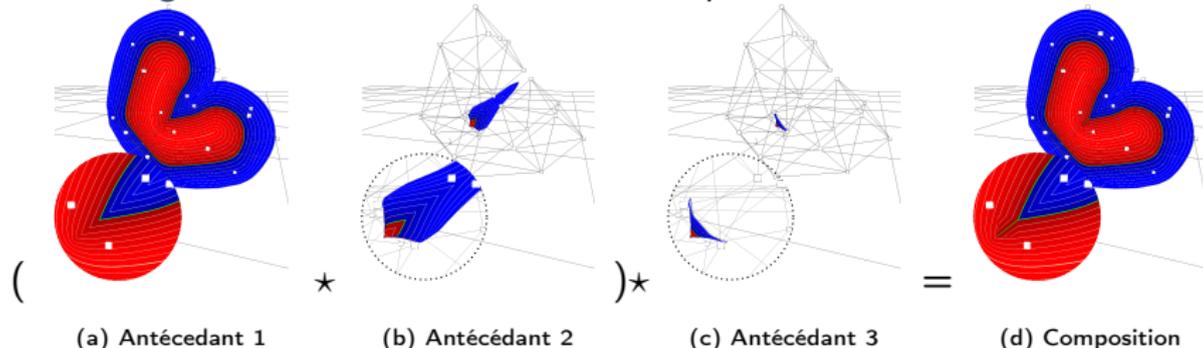


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

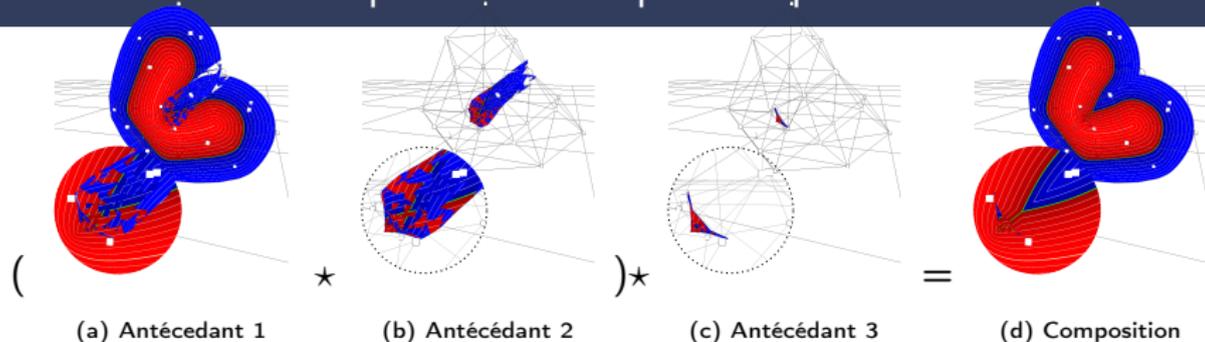
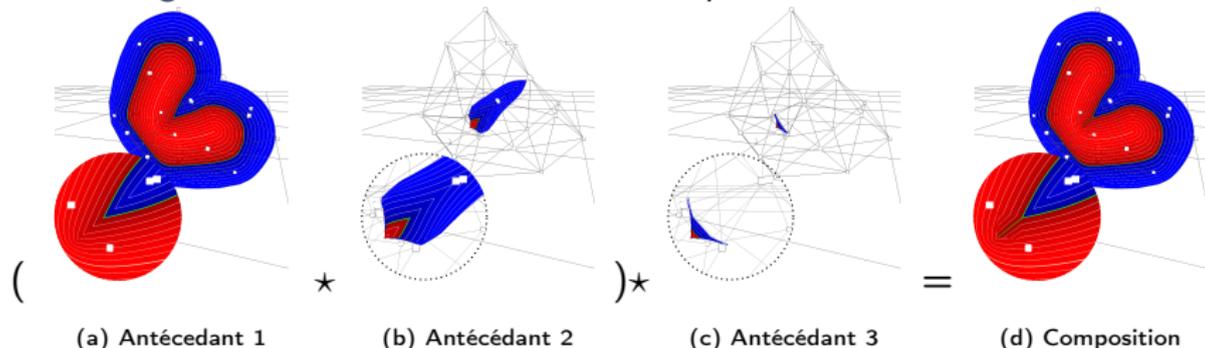


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

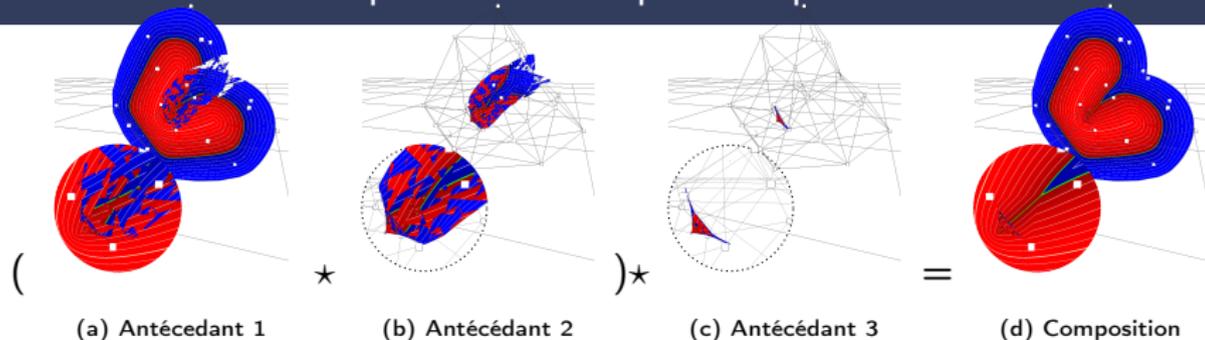
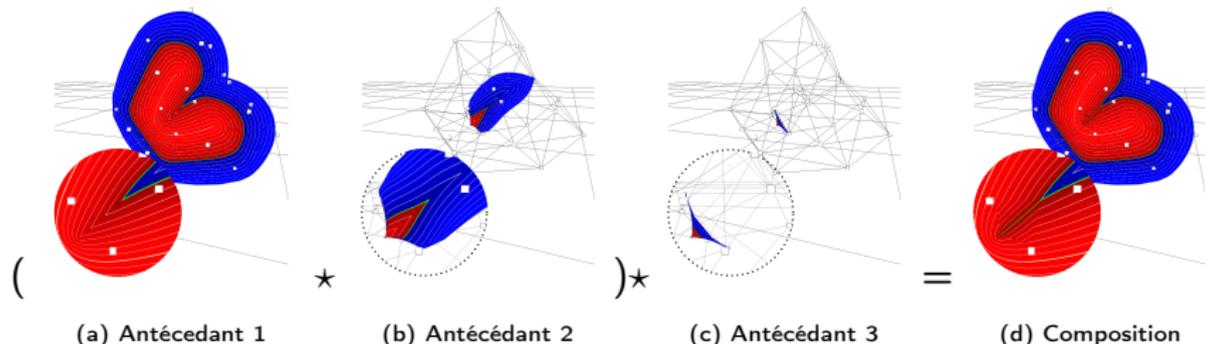


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

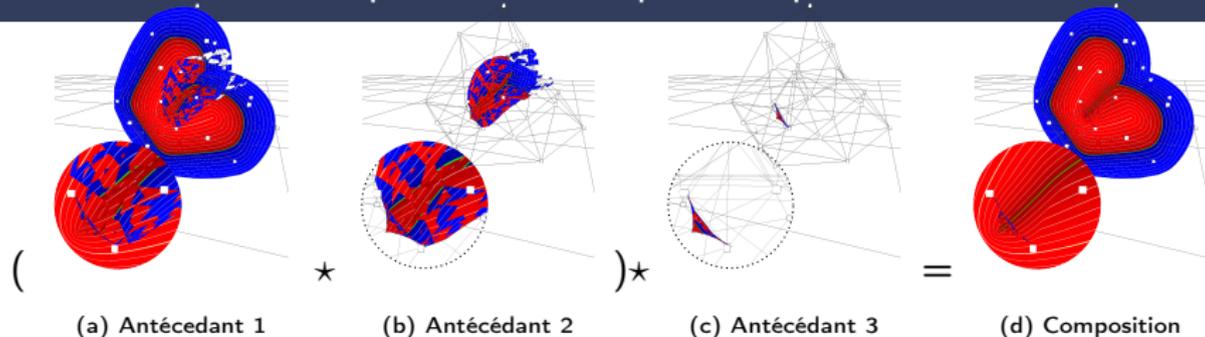
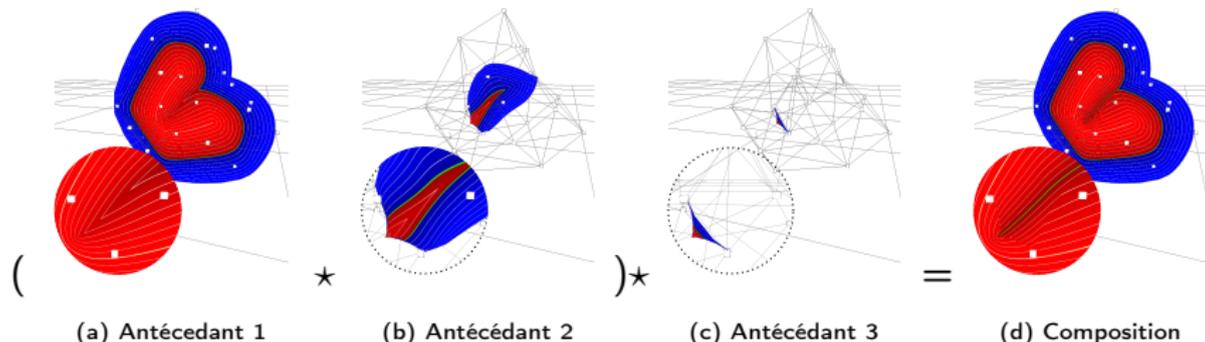


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Correction du champ scalaire depuis l'opérateur de contact

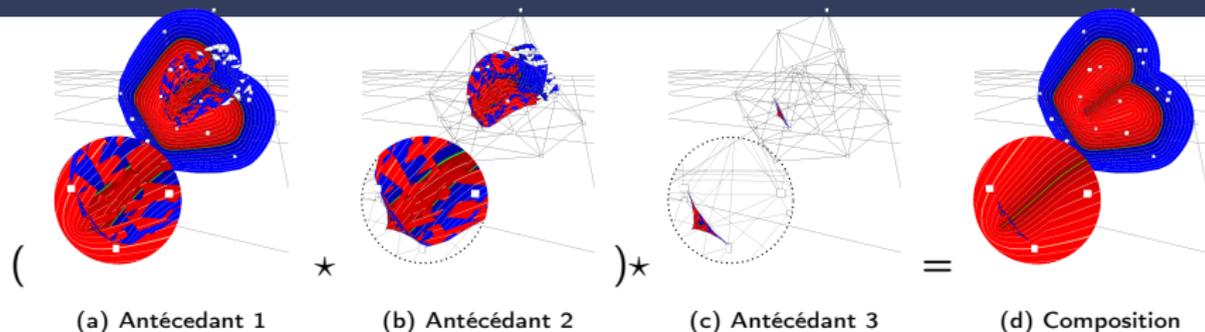
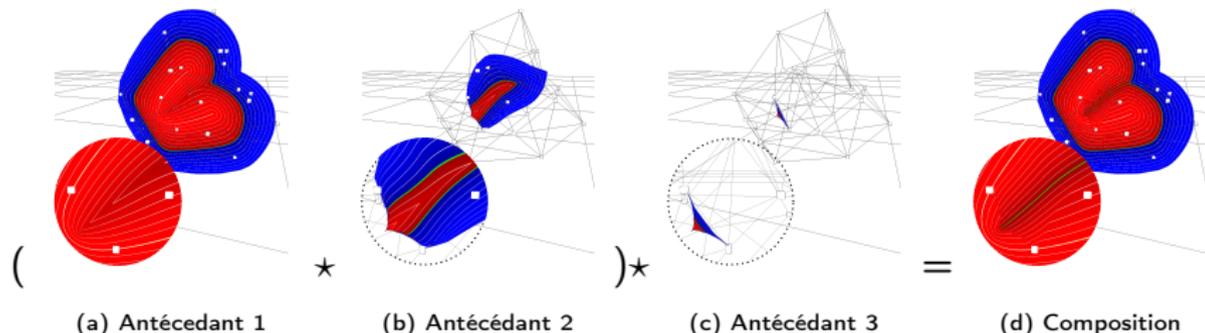


Figure: Problème d'utilisation d'un opérateur non-associatif

Figure: Utilisation de l'opérateur de contact : **ordre implicite**

Pré-reconstruction tétraédrique

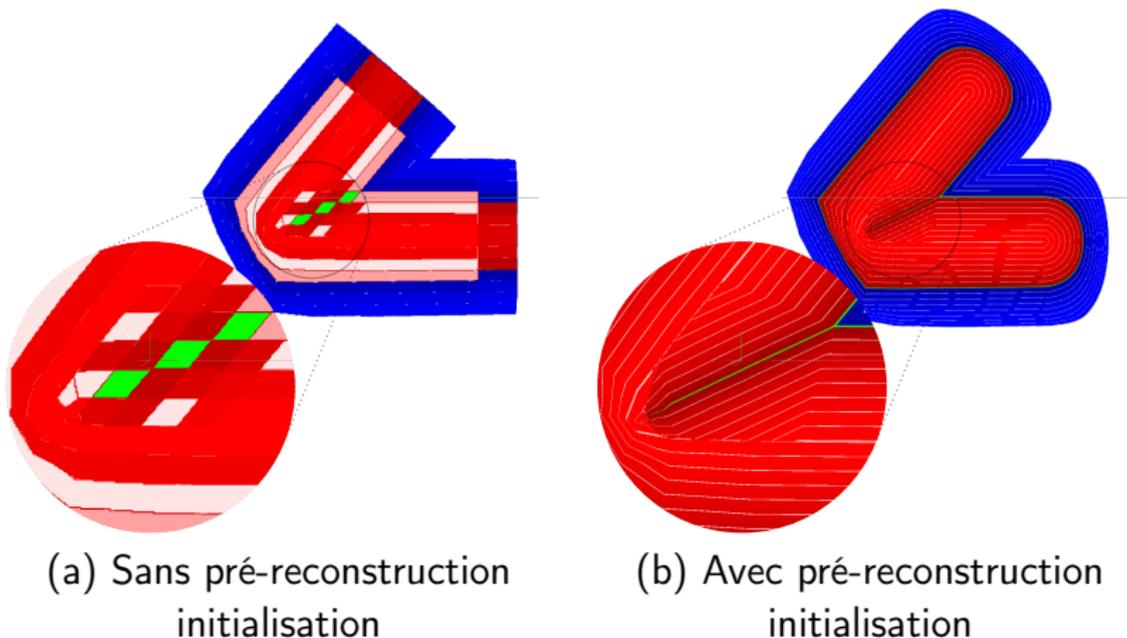
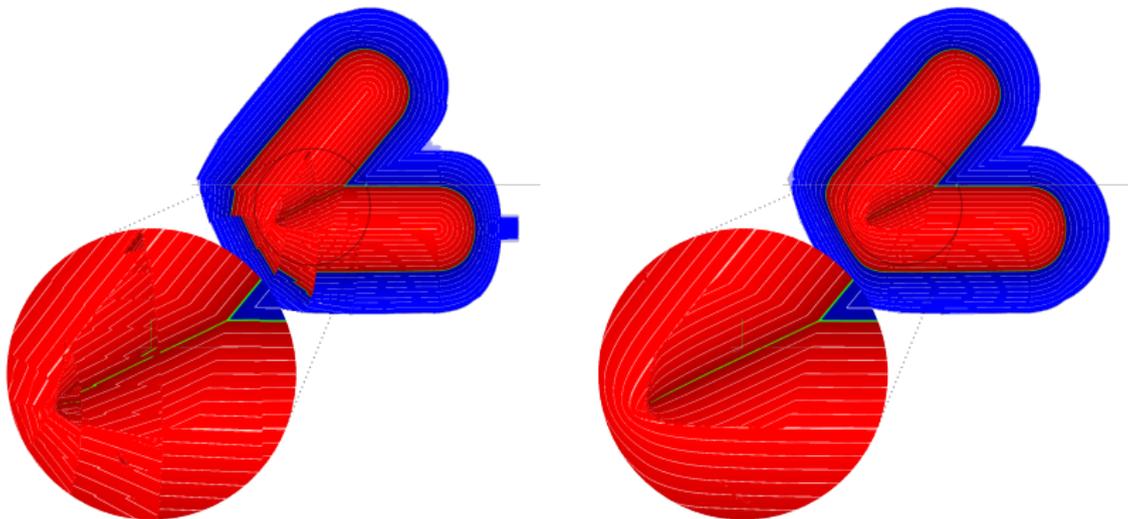


Figure: Pré-reconstruction tétraédrique

Pré-reconstruction tétraédrique

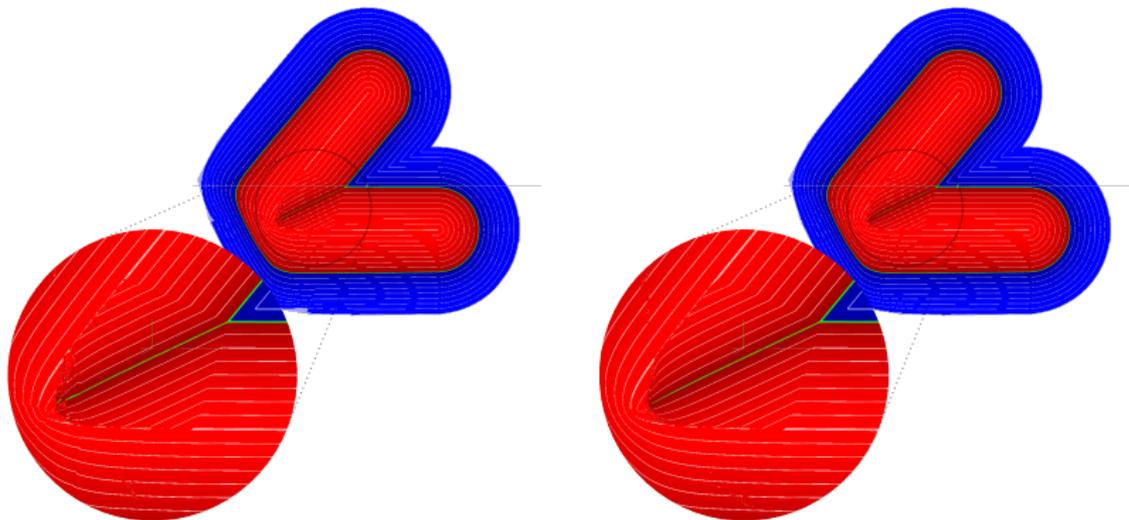


(a) Sans pré-reconstruction
1 itération

(b) Avec pré-reconstruction
1 itération

Figure: Pré-reconstruction tétraédrique

Pré-reconstruction tétraédrique

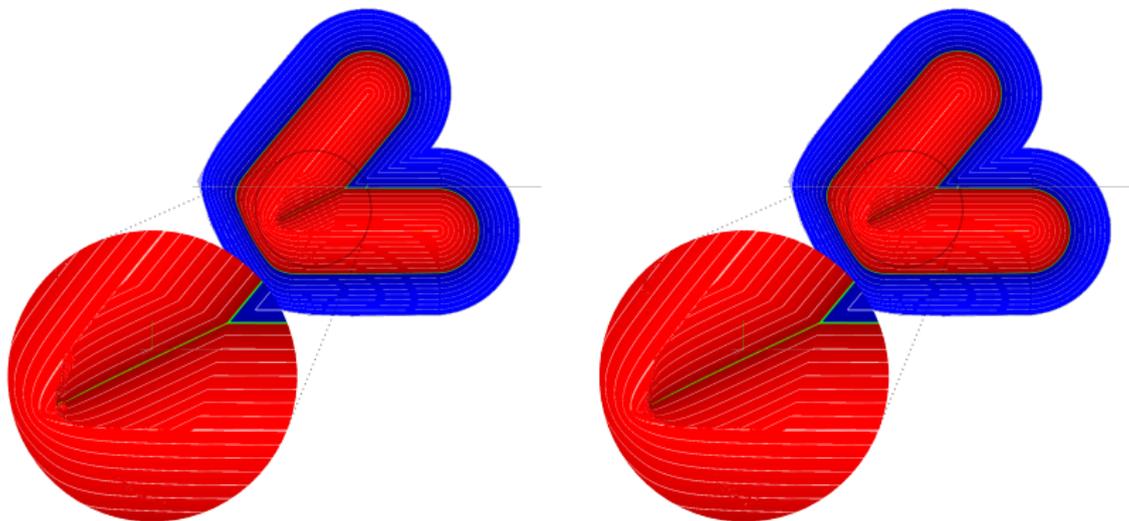


(a) Sans pré-reconstruction
2 itérations

(b) Avec pré-reconstruction
2 itérations

Figure: Pré-reconstruction tétraédrique

Pré-reconstruction tétraédrique



(a) Sans pré-reconstruction
3 itérations

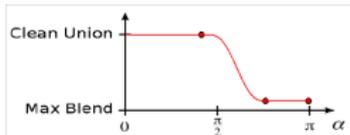
(b) Avec pré-reconstruction
3 itérations

Figure: Pré-reconstruction tétraédrique

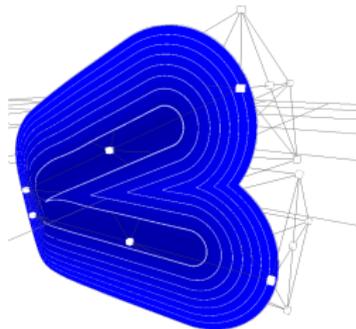
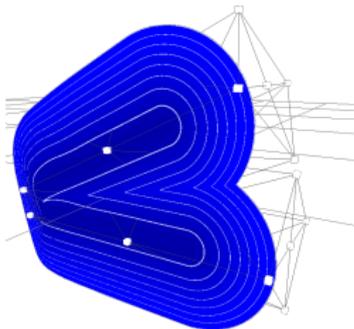
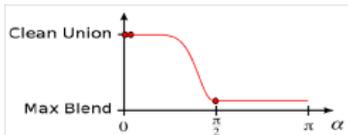
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



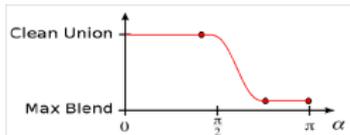
Champs scalaire

Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

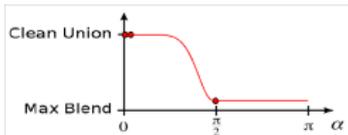
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

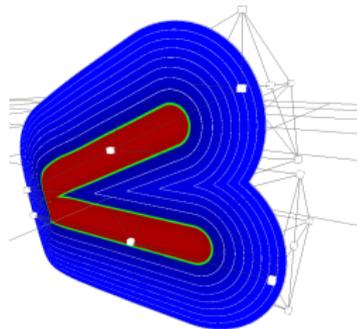
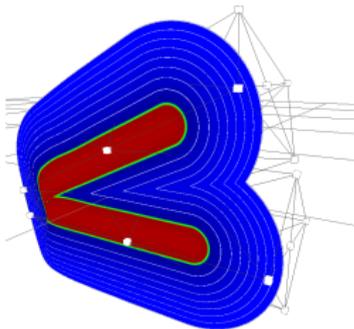
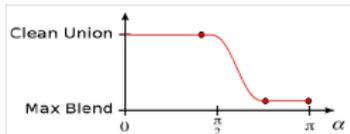


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

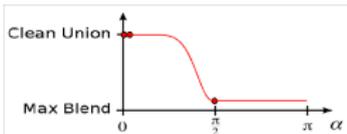
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

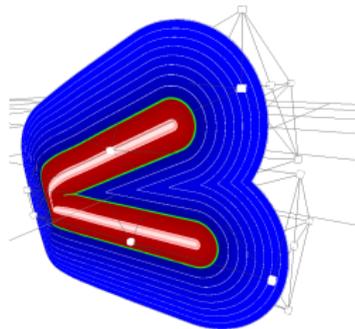
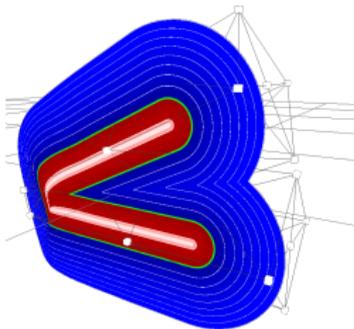
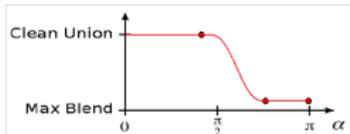


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

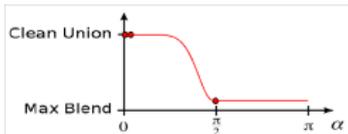
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

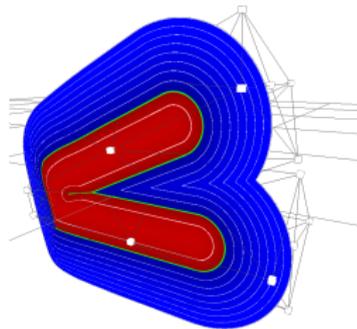
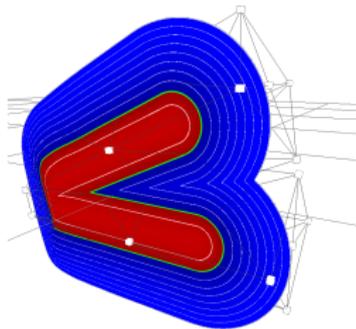
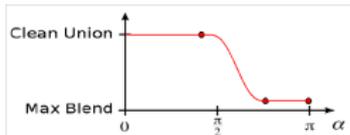


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

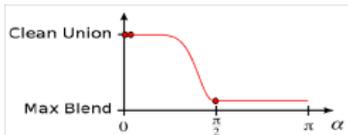
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

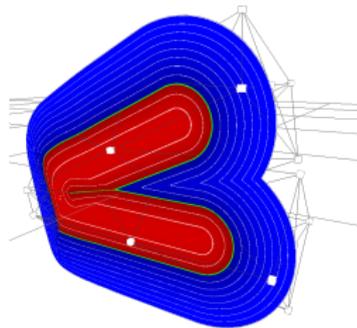
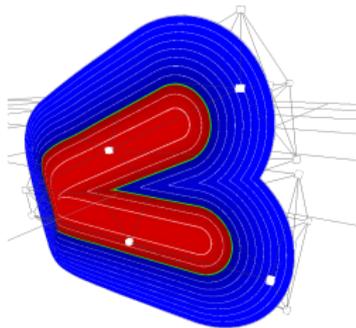
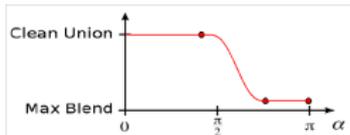


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

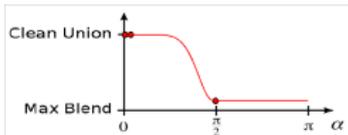
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

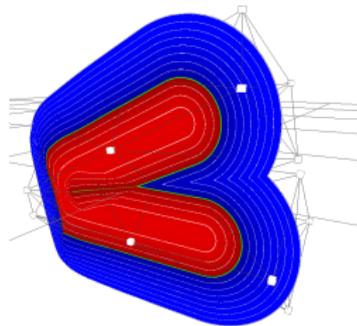
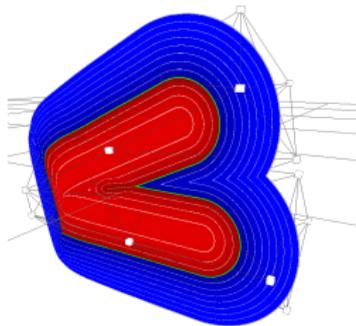
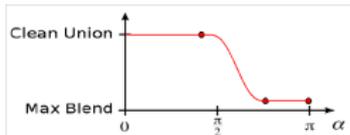


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

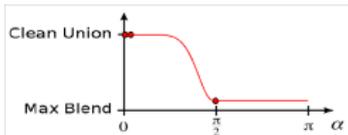
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

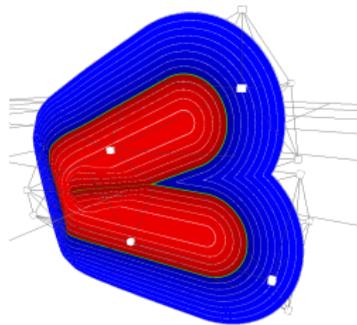
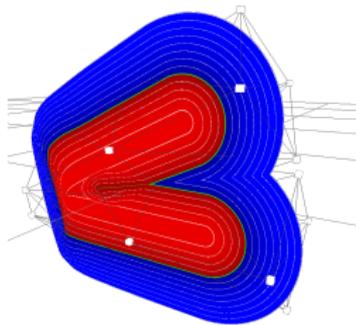
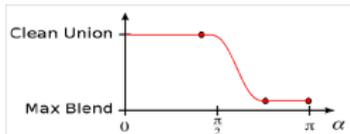


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

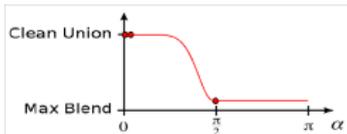
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

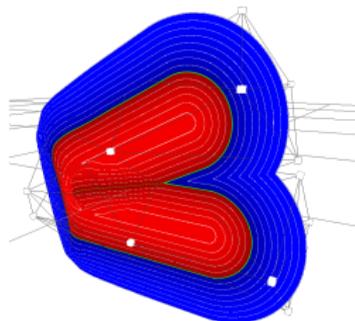
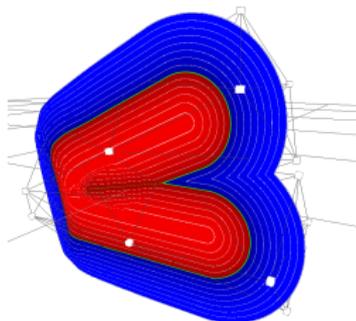
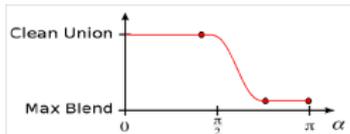


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

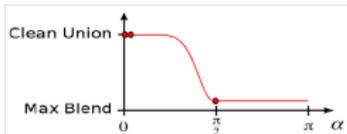
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

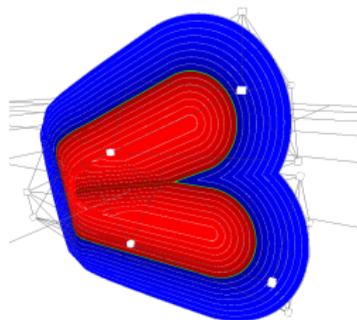
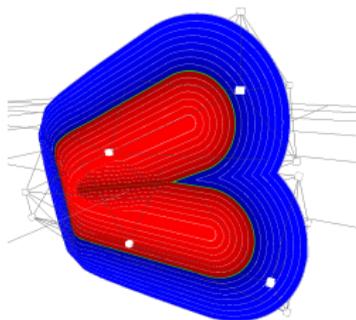
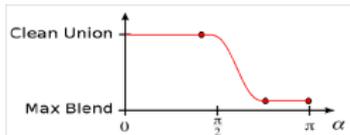


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

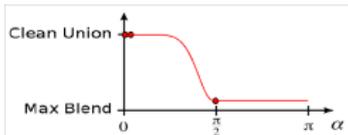
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

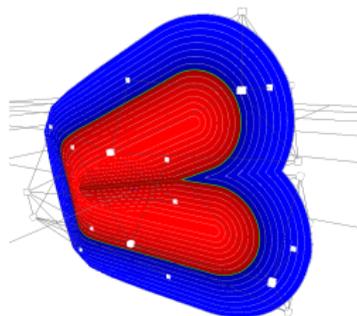
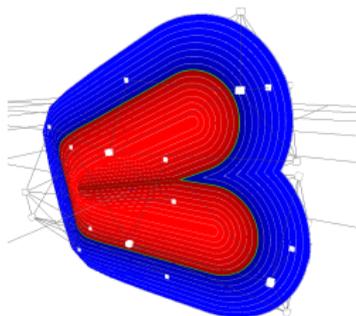
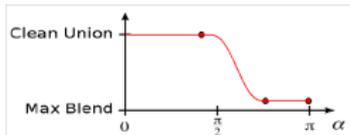


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

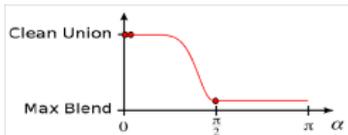
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

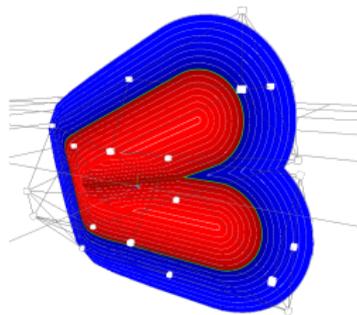
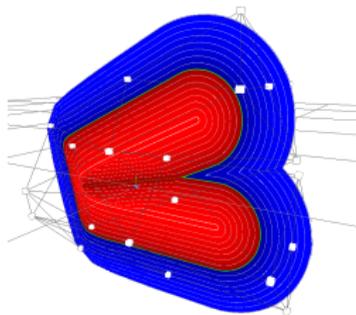
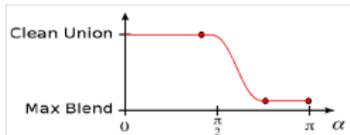


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

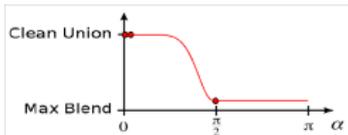
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

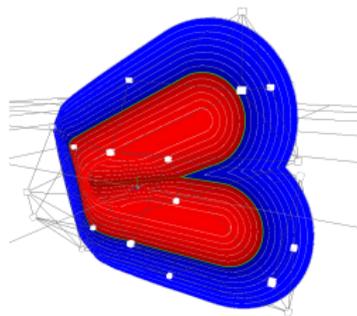
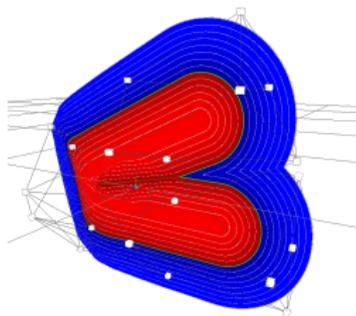
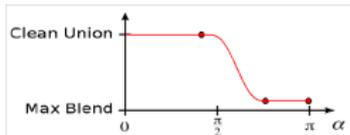


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

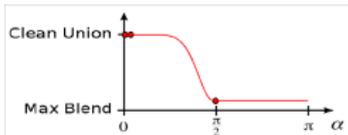
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

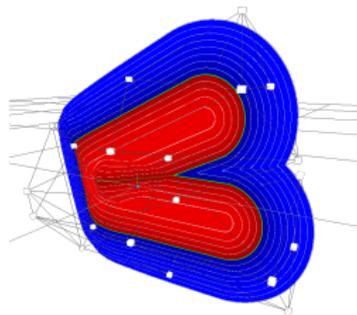
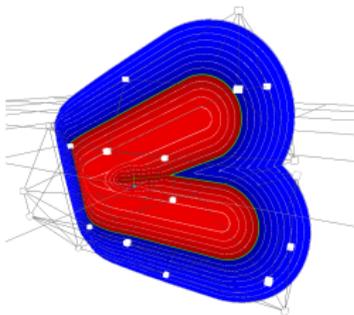
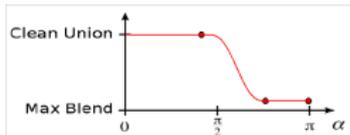


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

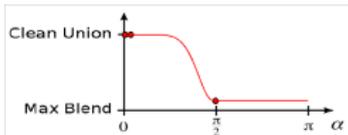
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

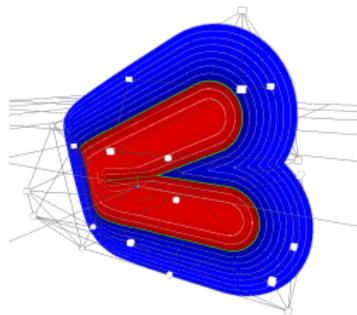
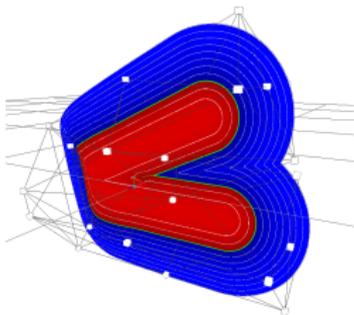
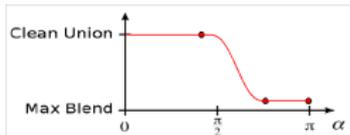


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

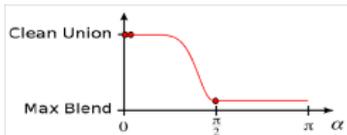
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

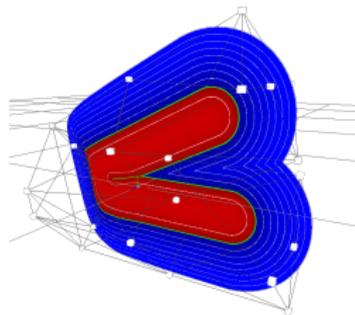
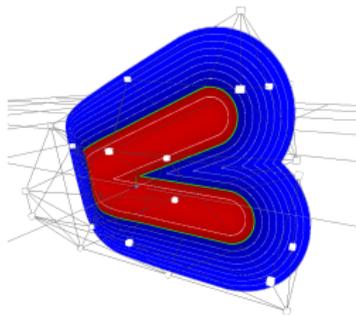
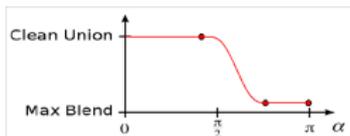


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

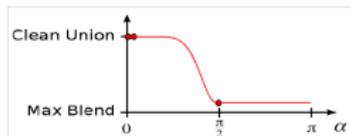
Amélioration du contact pour notre méthode

Contrôleur

Implicit skinning



Notre proposition



Champs scalaire

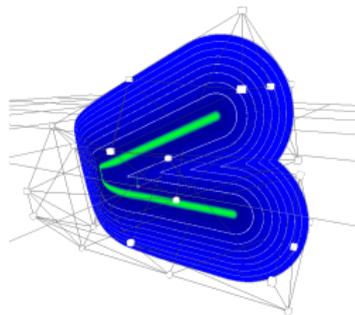
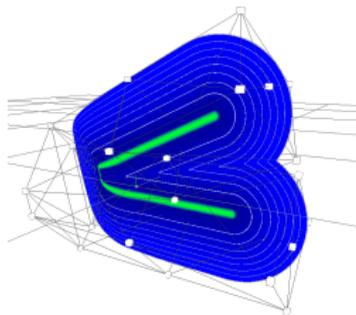
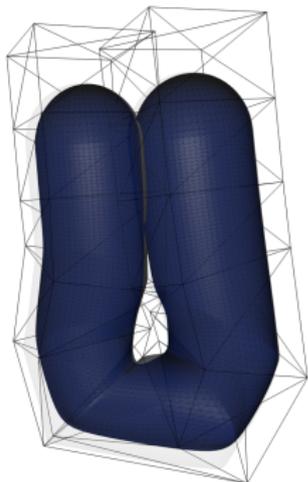
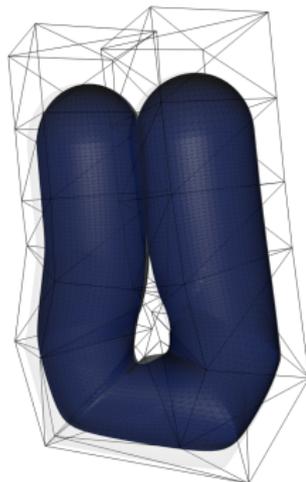


Figure: Amélioration du contact pour notre méthode

Correction automatique d'auto-intersections du maillage⁴



(a) Sans correction

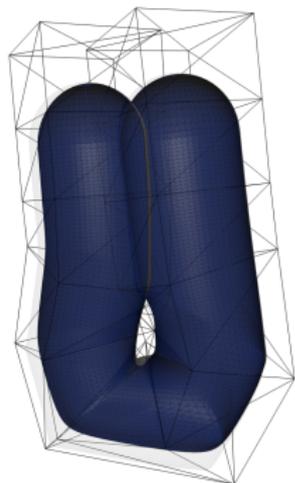


(b) Avec correction

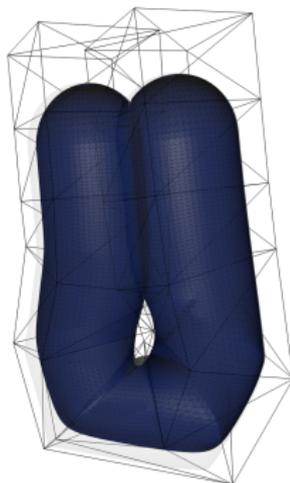
Figure: Comparaison de l'intérieur d'un maillage lors d'un auto-contact

⁴ rapport : section 12.1

Correction automatique d'auto-intersections du maillage⁴



(a) Sans correction



(b) Avec correction

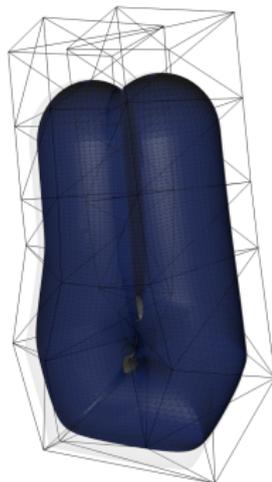
Figure: Comparaison de l'intérieur d'un maillage lors d'un auto-contact

⁴ rapport : section 12.1

Correction automatique d'auto-intersections du maillage⁴



(a) Sans correction



(b) Avec correction

Figure: Comparaison de l'intérieur d'un maillage lors d'un auto-contact

⁴ rapport : section 12.1

Améliorations

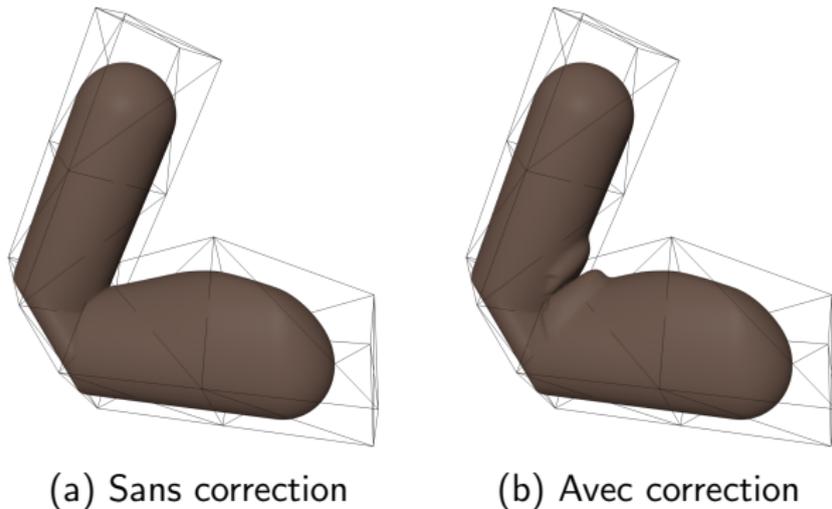
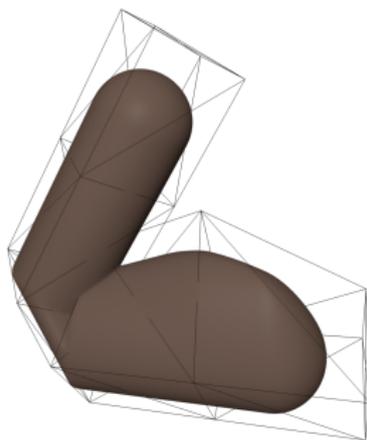


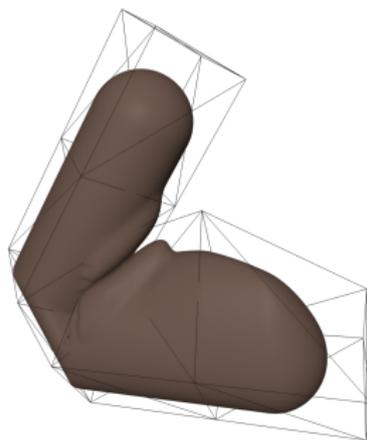
Figure: Application avec opérateur de gonflement

- Travailler sur des modèles réels et quelconques.
- Utiliser connaissances sur composition de surfaces implicites.
- S'adapter à tout type d'outil de déformation de l'espace.

Améliorations



(a) Sans correction

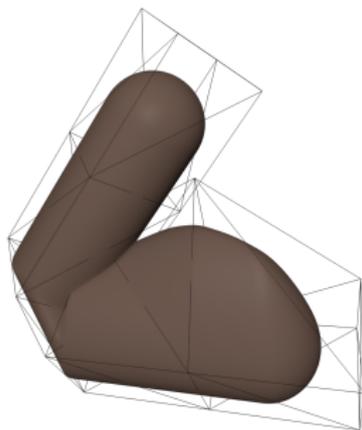


(b) Avec correction

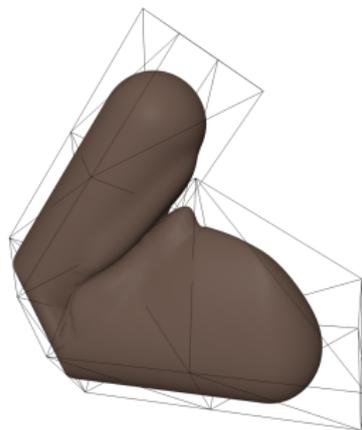
Figure: Application avec opérateur de gonflement

- Travailler sur des modèles réels et quelconques.
- Utiliser connaissances sur composition de surfaces implicites.
- S'adapter à tout type d'outil de déformation de l'espace.

Améliorations



(a) Sans correction

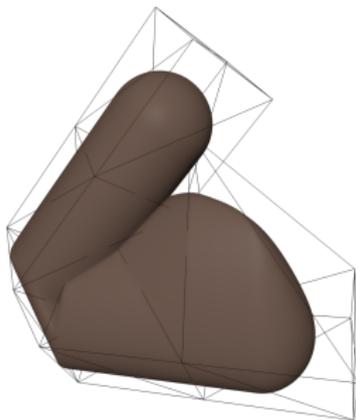


(b) Avec correction

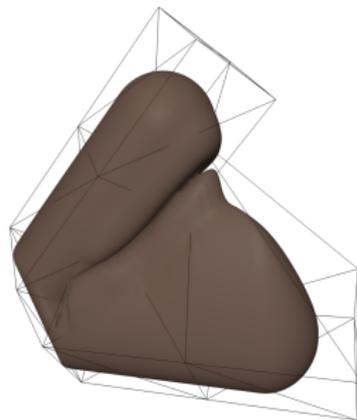
Figure: Application avec opérateur de gonflement

- Travailler sur des modèles réels et quelconques.
- Utiliser connaissances sur composition de surfaces implicites.
- S'adapter à tout type d'outil de déformation de l'espace.

Améliorations



(a) Sans correction

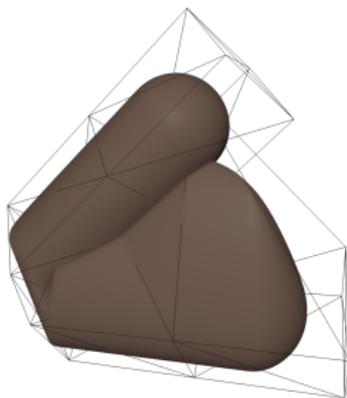


(b) Avec correction

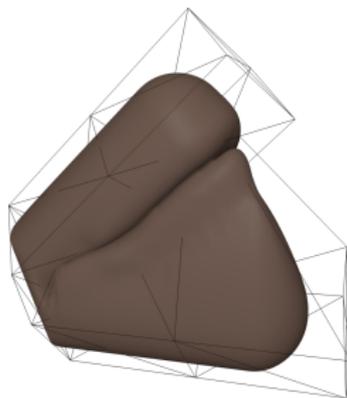
Figure: Application avec opérateur de gonflement

- Travailler sur des modèles réels et quelconques.
- Utiliser connaissances sur composition de surfaces implicites.
- S'adapter à tout type d'outil de déformation de l'espace.

Améliorations



(a) Sans correction



(b) Avec correction

Figure: Application avec opérateur de gonflement

- Travailler sur des modèles réels et quelconques.
- Utiliser connaissances sur composition de surfaces implicites.
- S'adapter à tout type d'outil de déformation de l'espace.

Bilan

Utilisation de mes connaissances académiques :

Master d'Informatique :

- Géométrie différentielle discrète
- Optimisation
- Synthèse d'images

Licence de Mathématiques :

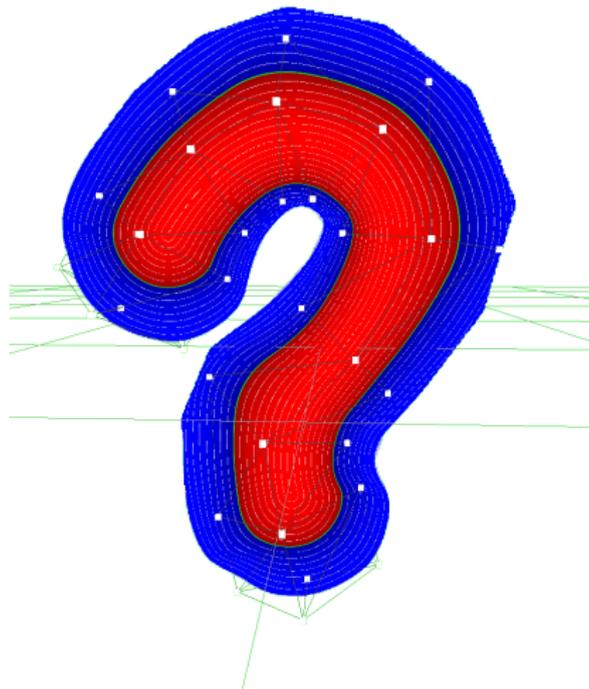
- Géométrie affine
- Résolution numérique
- Algèbre linéaire

- Découverte de la théorie des surfaces implicites et leur application.
- Perfectionnement de mes connaissances en animation et sur les méthodes de déformation de l'espace.
- *C++* (\sim 12 000 lignes en 63 modules) sous *Radium-Engine*.
- *Java* (\sim 3 800 lignes) sous *Processing IDE*.

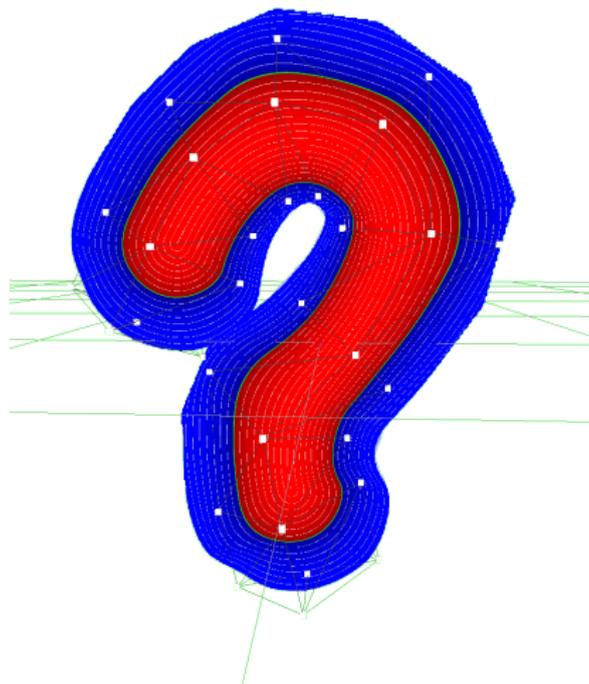
Conclusion

- Problème de recherche stimulant : expérimentations, analyse de résultats, méthodes de plus en plus pertinentes et exploration de nouvelles pistes intéressantes.
- Mise en action de mes connaissances informatiques et mathématiques dans une thématique qui me passionne aussi bien scientifiquement qu'artistiquement.
- Contribution à la déformation de champs scalaires avec application pratique : "l'implicit skinning".
- Poursuite de mes travaux pour publication d'un article puis en thèse avec Loïc Barthe, Paul Kry et Brian Wyvill.

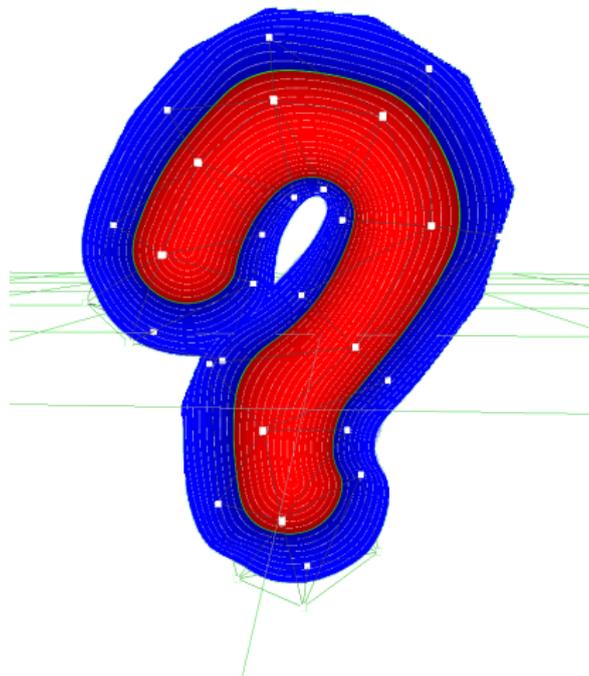
Questions ?



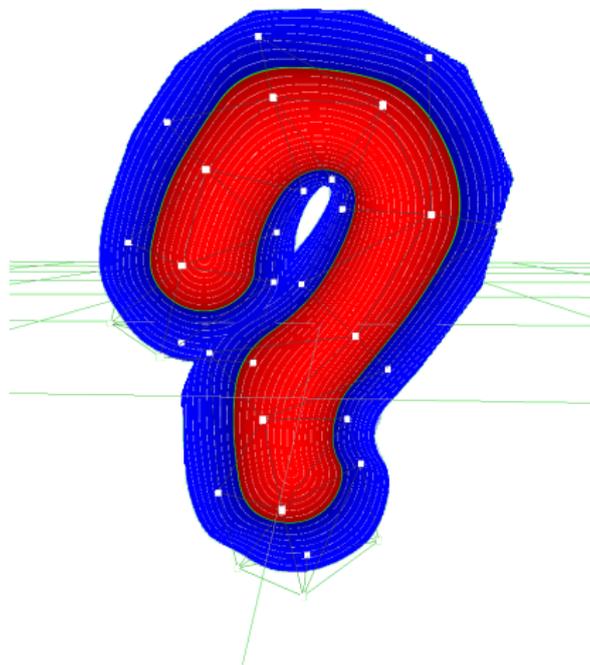
Questions ?



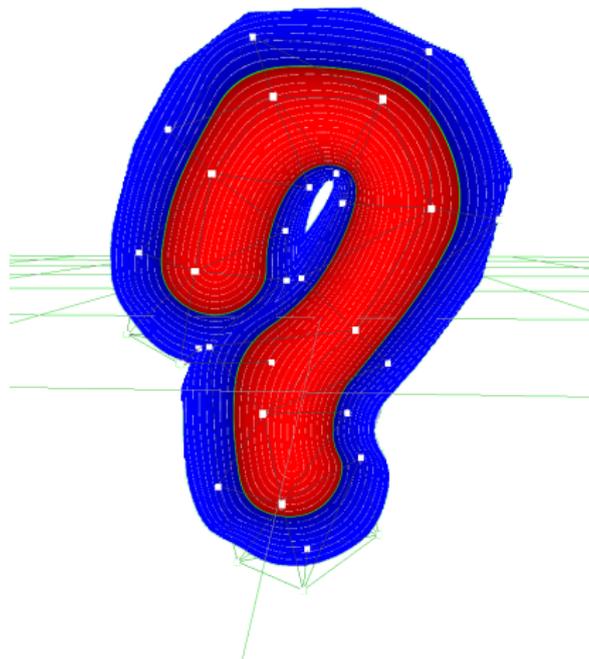
Questions ?



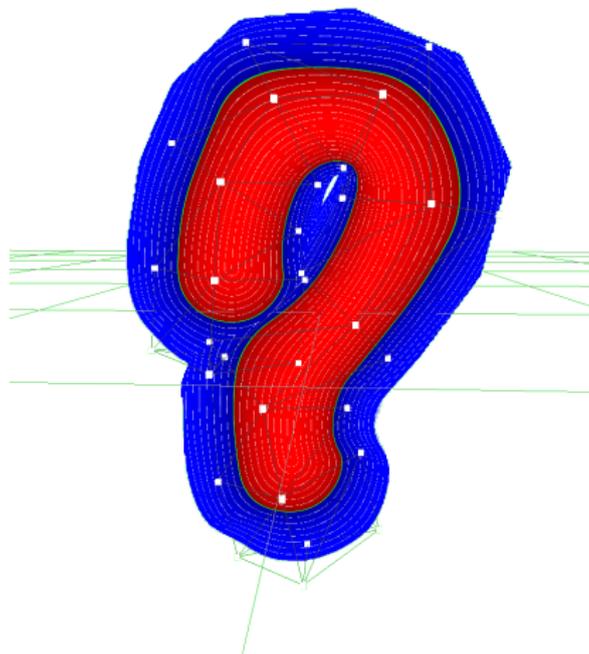
Questions ?



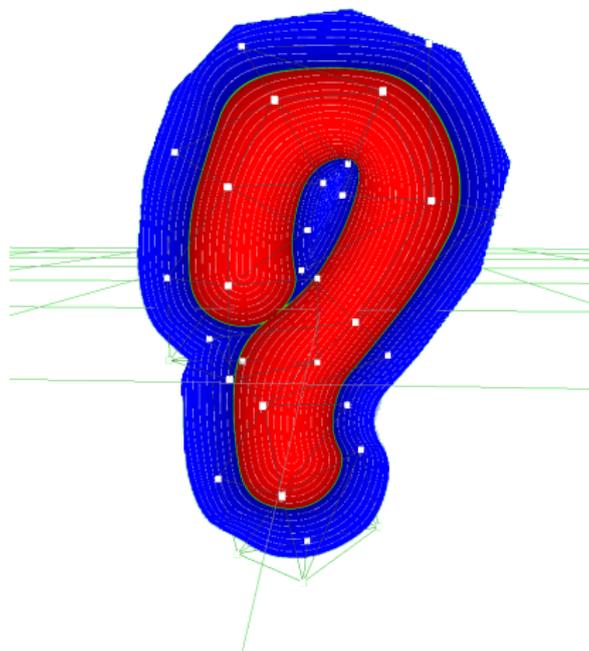
Questions ?



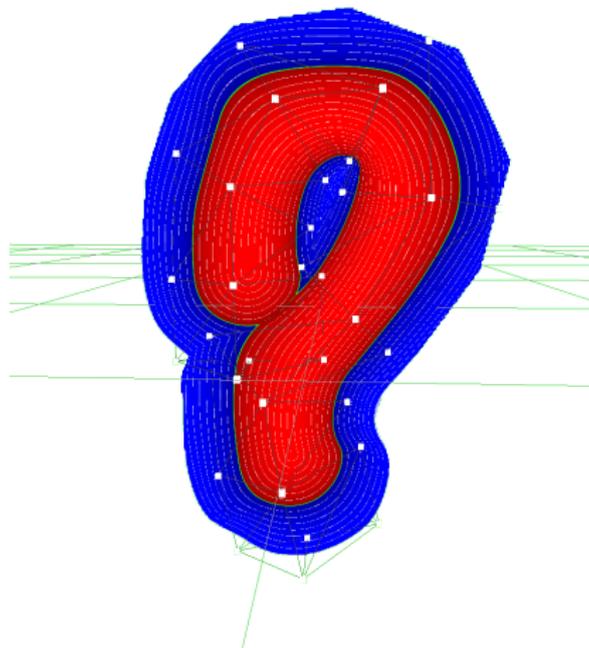
Questions ?



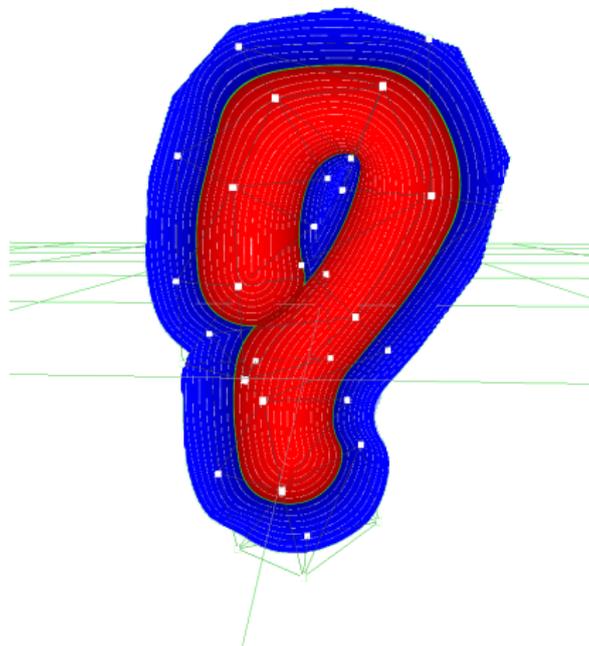
Questions ?



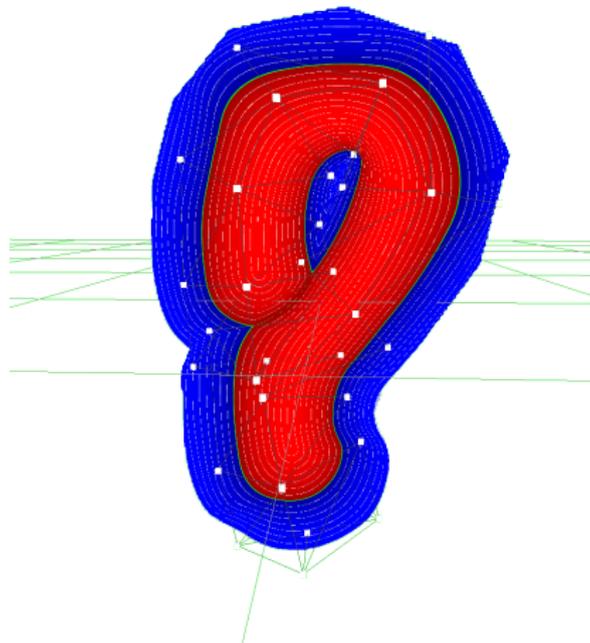
Questions ?



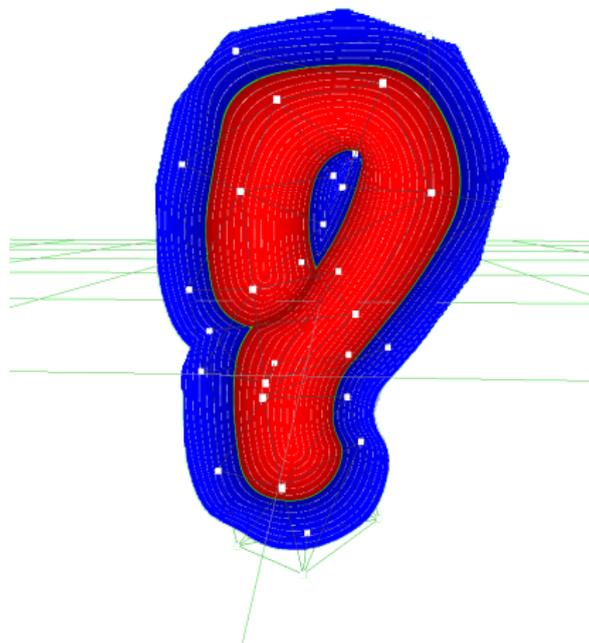
Questions ?



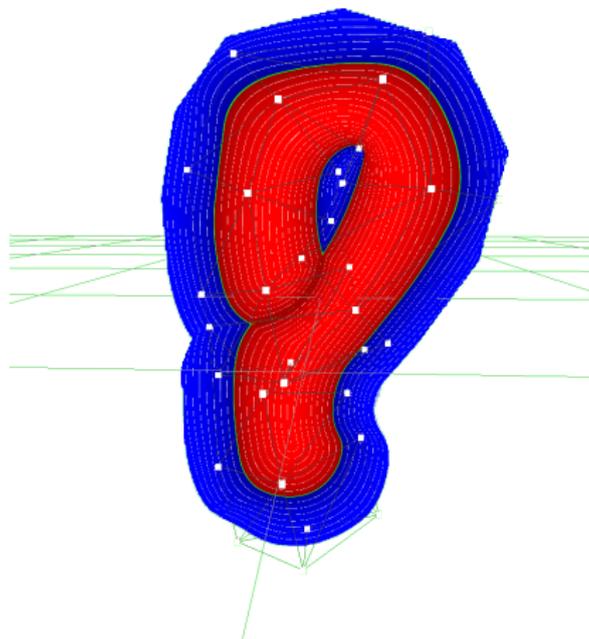
Questions ?



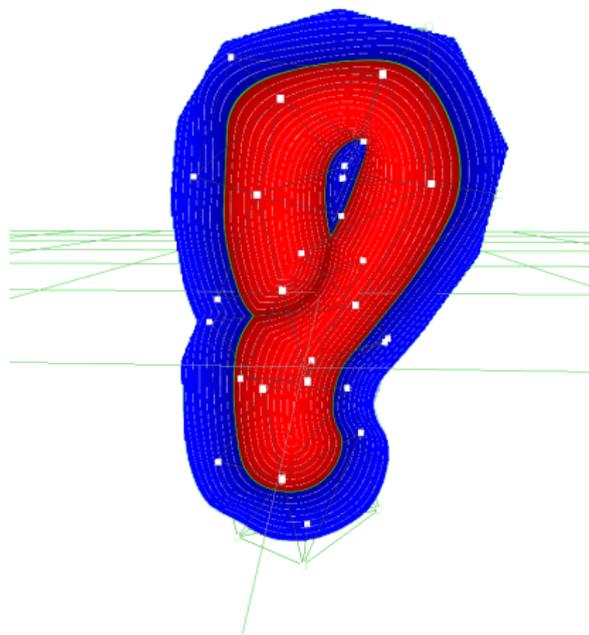
Questions ?



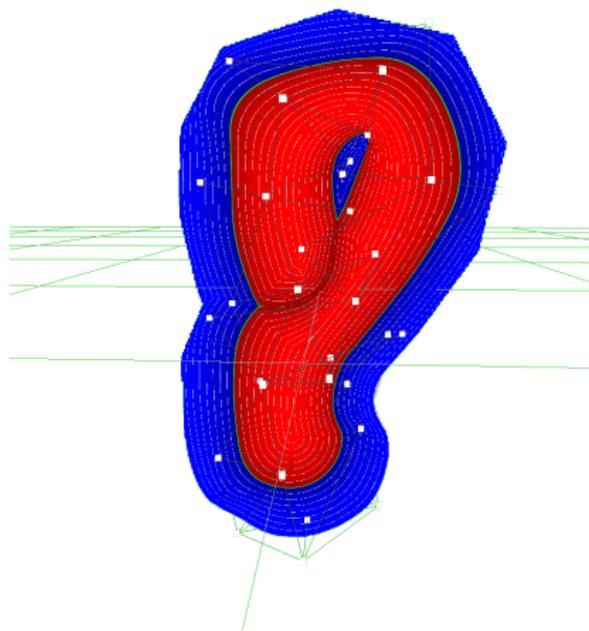
Questions ?



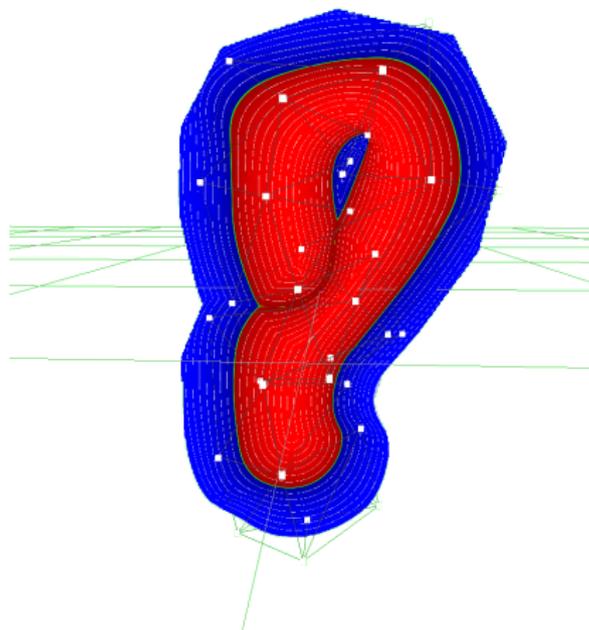
Questions ?



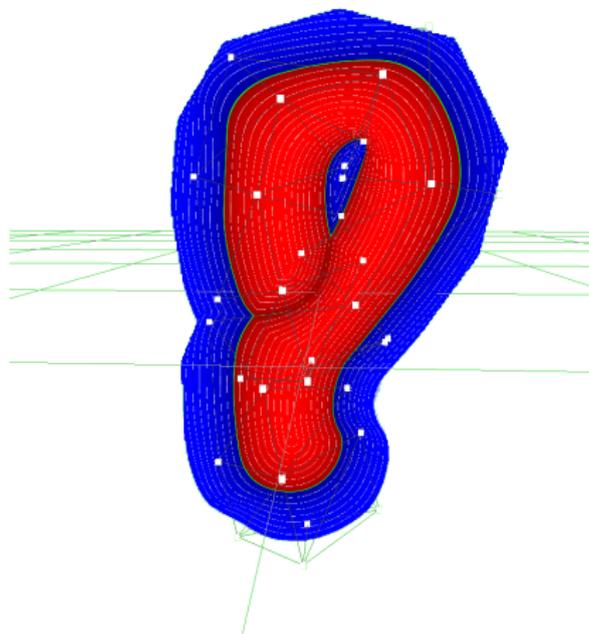
Questions ?



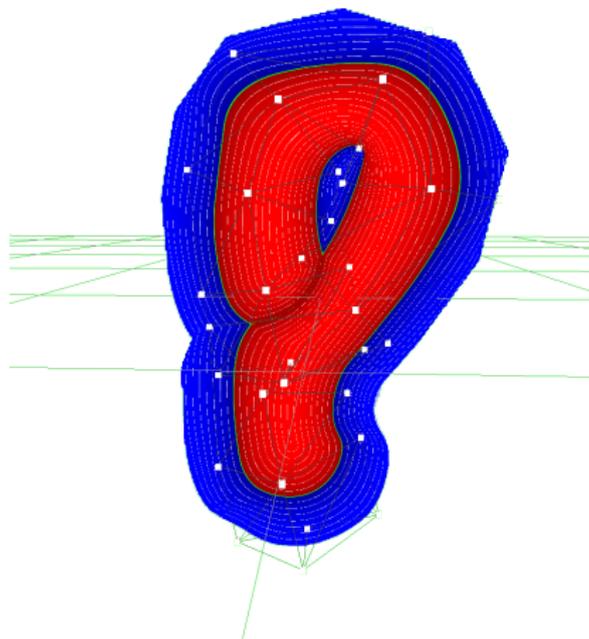
Questions ?



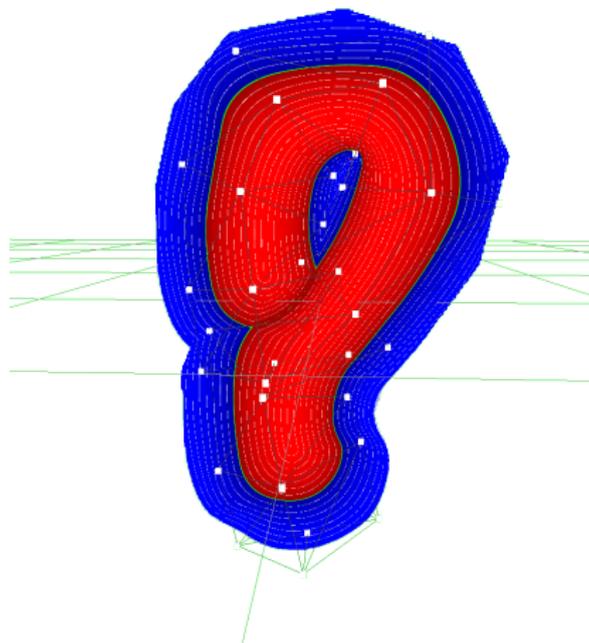
Questions ?



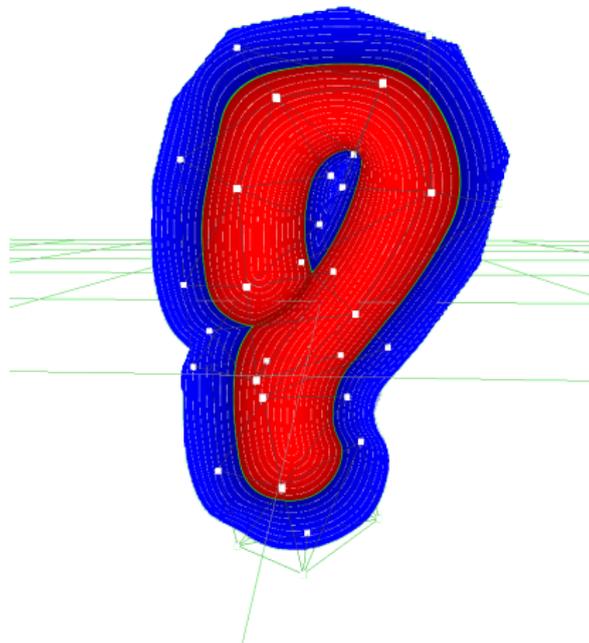
Questions ?



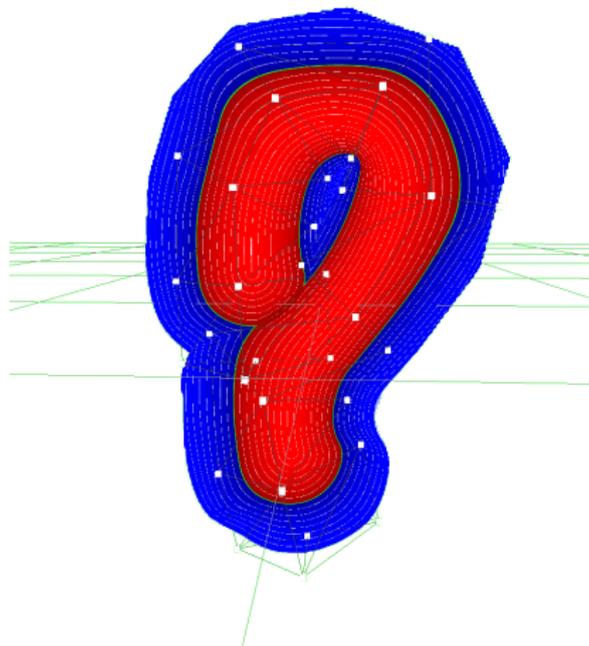
Questions ?



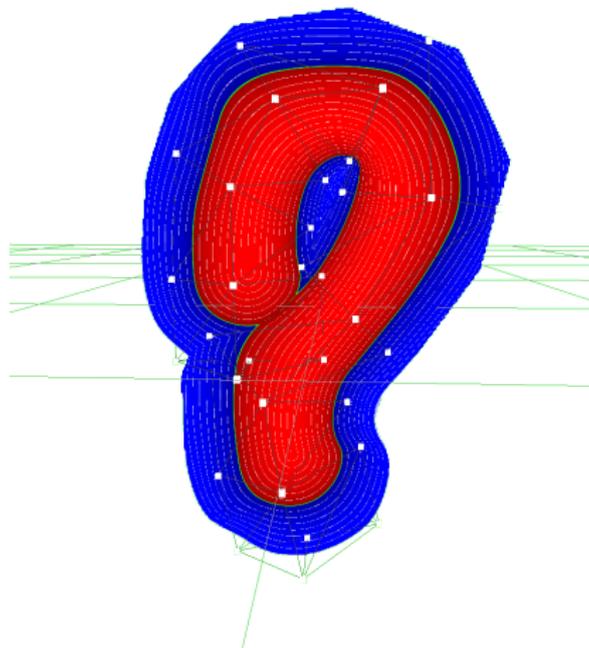
Questions ?



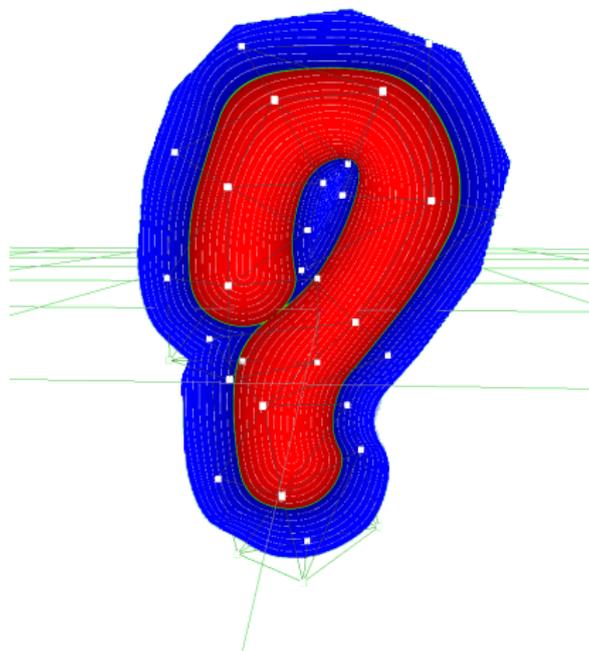
Questions ?



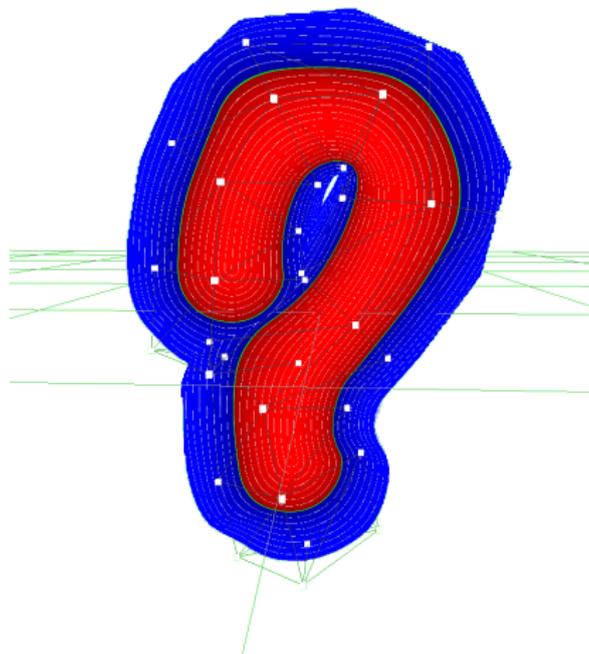
Questions ?



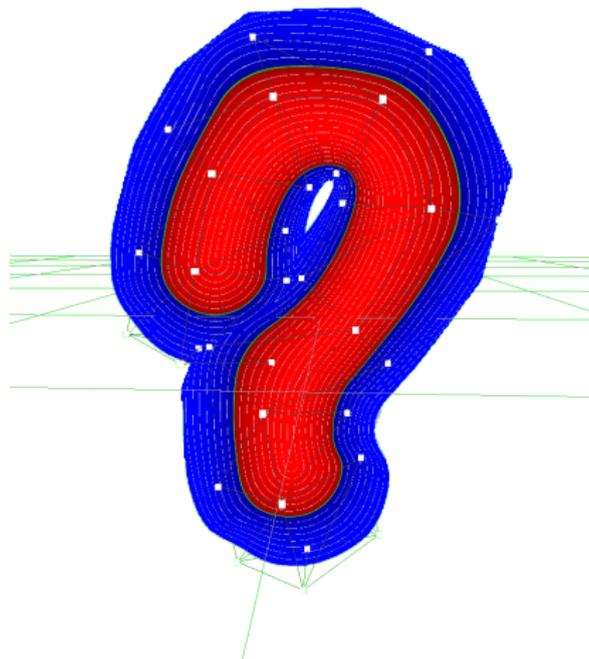
Questions ?



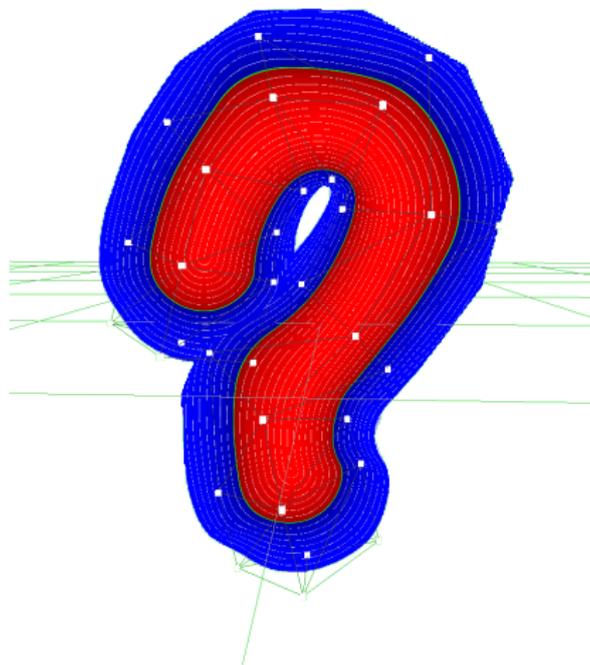
Questions ?



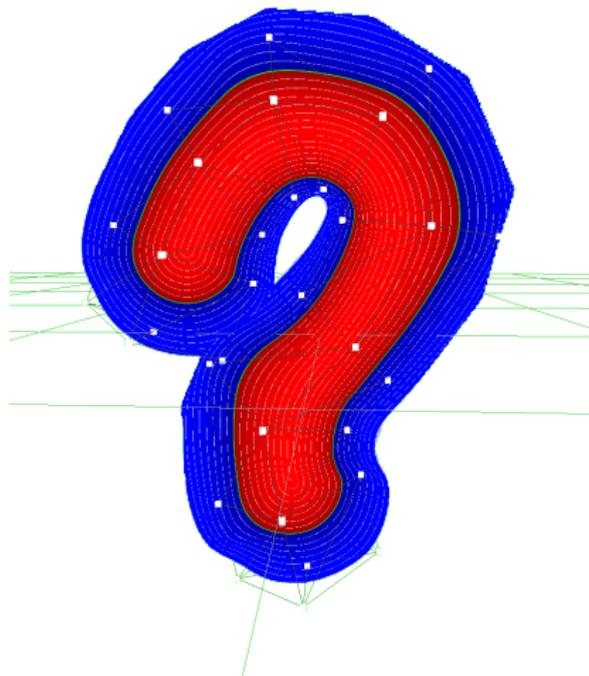
Questions ?



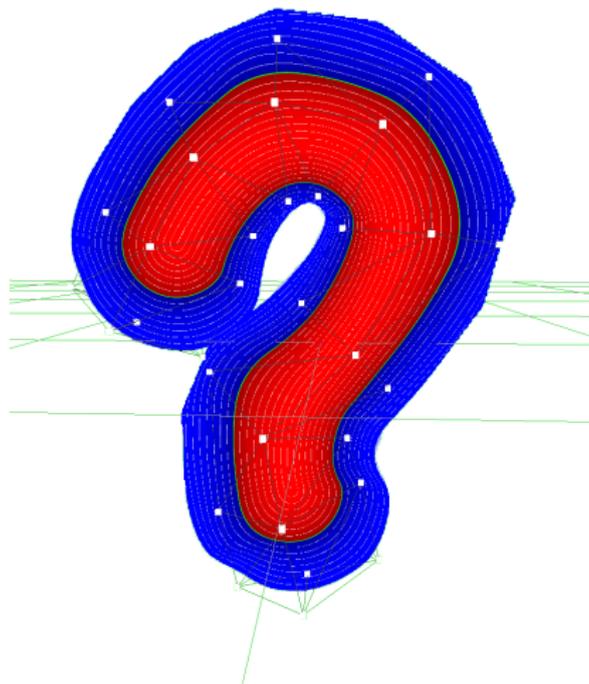
Questions ?



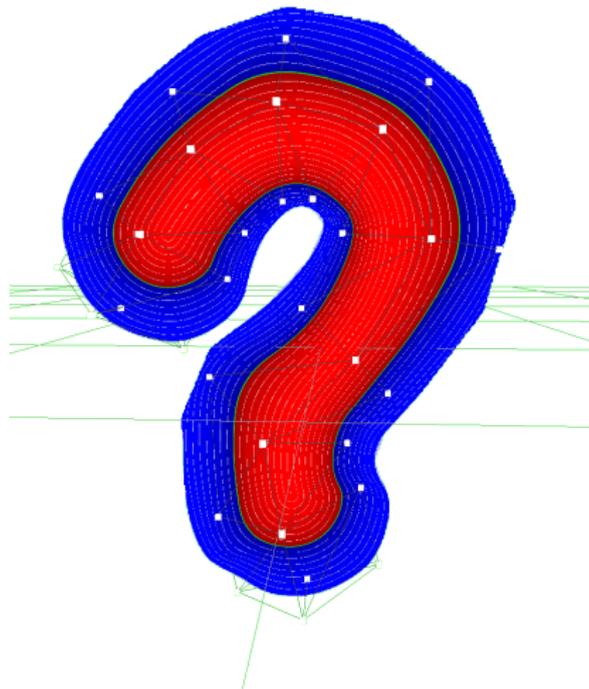
Questions ?



Questions ?



Questions ?



Références



Kavan, L., Collins, S., Zára, J., and O'Sullivan, C. (2007).

Skinning with dual quaternions.

In *SI3D*.



Magenat-Thalmann, N., Laperrière, R., and Thalmann, D. (1989).

Joint-dependent local deformations for hand animation and object grasping.



Vaillant, R., Barthe, L., Guennebaud, G., Cani, M.-P., Rohmer, D., Wyvill, B., Gourmel, O., and Paulin, M. (2013).

Implicit skinning: real-time skin deformation with contact modeling.

ACM Trans. Graph., 32:125:1–125:12.



Vaillant, R., Guennebaud, G., Barthe, L., Wyvill, B., and Cani, M.-P. (2014).

Robust iso-surface tracking for interactive character skinning.

ACM Trans. Graph., 33:189:1–189:11.