

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique**

**UNIVERSITÉ MOHAMED KHIDER**

**BISKRA**

**Faculté des Sciences et des Sciences de l'ingénieur**

**Département d'Informatique**

**Mémoire de Magister**

**Option : Intelligence Artificielle et Images**

# **LA MODELISATION IMPLICITE MULTIRESOLUTION**

**Réalisé par :**

**M<sup>elle</sup>. RAHMANI Salima**

**Soutenu le 15 janvier 2005 devant le jury composé de:**

Président	Pr BATOUCHE M <sup>ed</sup> Chaouki	Professeur	Université de Constantine.
Examineurs	Dr KHOLLADI M <sup>ed</sup> Kheirreddine	M. Conférence	Université de Constantine.
	Dr BOUKERRAM Abdellah	CC (Nle.thèse)	Université de Sétif.
	Dr BELATTAR Brahim	CC (Nle.thèse)	Université de Batna.
Rapporteur	Dr DJEDI Nour Eddine	M.Conférence	Université de Biskra.

**2003 / 2004**

# Sommaire

Introduction générale	01
Chapitre 1: Les surfaces implicites, état de l'art.	
1. Les surfaces implicites	03
1. Motivation	03
2. Définition d'une surface implicite	04
2.1. Les surfaces implicites classiques	06
2.1.1. Les quadriques	06
2.1.2. Les super-quadriques	07
2.1.3. Les ratio-quadriques	08
2.2. Les surfaces implicites équipotentielles	08
2.2.1. Surfaces de distance	10
2.2.2. Surfaces de convolution	11
2.2.3. Fonction de potentiel	13
3. Représentation des surfaces implicite	14
3.1. Représentation par CSG	14
3.1.1. Opération ensembliste	15
3.1.2. Mélange	16
3.2. Représentation par image de champs	17
4. Animation des surfaces implicites	17
4.1. Métamorphose	17
4.2. Déformation	18
5. Visualisation des surfaces implicites	18
5.1. Lancer de rayon	18
5.2. Polygonisation	19
5.2.1. Construction d'un recouvrement spatiale	19
5.2.2. La polygonisation adaptative	20
5.3. Approximation des surfaces implicite	21
6. Application des surfaces implicite	21
6.1. Domaine académique	22
6.2. Simulation par ordinateur	22
6.3. Animation	22
6.4. Domaine commercial	23
7. Conclusion	23
Chapitre 2: Les niveaux de détail, principes et état de l'art.	
1. Motivation	25
1.1. La simplification de la scène	25
1.2. La simplification des objets	26
2. Niveaux de détail (LOD)	26
2.1. Génération de LODs	26
2.2.1. Surfaces polyédrique	27
2.2.2. Surfaces paramétrique	31
2.2.3. Modèle Volumique	32
2.2. Gestion de LODs	34
2.2.1. Critère de sélection	34
2.2.1. Distance	34
2.2.2. Taille	34

2.2.3. Vision périphérique	35
2.2.4. Vitesse	35
2.2.5. Densité	35
2.2.6. Tâche	36
2.2.7. Taux D'affichage fixe	36
2.2.2. Transition entre LODs	36
2.2.2.1. Transition statique	36
2.2.2.2. Transition dynamique	37
b.1. Représentation multi-résolution incrémentale	37
b.2. Représentation multi-résolution continue	37
3. Applications des LODs	38
3.1. La Modélisation géométrique	38
a. Interactive Multiresolution Mesh Editing	38
b. Zeta - Resolution Modeling	38
c. Resolution Adaptive Volume Sculpting	39
d. Adaptive implicit modeling using Subdivision Curves and surfaces as Skeletons	39
3.2. L'animation	39
a. La réalité virtuelle	39
b. Applications à SIG et au simulateur de vol	39
b.1. SIG Multirésolution	40
b.2. Simulation de vol	40
3.3. Transmission progressive de données géométriques	40
3.4. Domaine commercial	41
3.5. Applications aux données de volume (volume data)	41
4. Conclusion	41
Chapitre 3: Les surfaces implicites et la multi-résolution.	
1. Introduction	43
2. Travaux antérieurs	44
2.1 Multiscale implicit models [Velho & all 94]	44
2.2 Multi-resolution representation of implicit objects [Grisoni & Schlick 98]	44
2.3 Resolution Adaptive Volume Sculpting [Ferly & all 02 ]	45
2.4 Adaptive implicit modeling using Subdivision Curves and surfaces as Skeletons [Angelidis & Cani 02]	45
3 Modélisation des surfaces implicite	45
3.1 CSG vs Image de champs	45
3.2 Mélange de plusieurs simples primitives vs peu de primitive complexe	46
3.3 Surface de distance vs. Surface de convolution	46
3.4 Courbe et surfaces de subdivision	46
3.4.1 Caractéristiques des méthodes de subdivision	47
3.4.2 Courbe de subdivision	49
3.4.3 Surfaces de subdivision	51
4 Génération de LODs pour les objets implicites	55
4.1. Simplification de l'objet	55
4.2. Simplification du squelette	56
B) Simplification polygonale	56
B.1 Simplification d'un maillage 1D	56
B.2 Simplification de surface polygonale	58
5 Conclusion	63

## Chapitre 4: Mise en œuvre et Résultats.

1 Introduction-----	65
1.2 La simplification de l'objet-----	65
1.2 La simplification du squelette-----	65
1.3 Discussion-----	65
2 Modélisation des surfaces implicite-----	66
2.1 Squelette Primitive-----	66
a) Point-----	67
b) Ligne-----	67
c) Triangle-----	68
2.2 Le Rayon dans l'isolation-----	69
2.3 La géométrie du squelette-----	70
2.4 La subdivision de courbe et de surfaces-----	71
a) Méthode de 4-point-----	73
b) la méthode de Modified Butterfly-----	73
3 Simplification d'un objet implicite-----	74
3.1 Génération des niveaux de détails-----	74
3.2 Représentation multi-résolution-----	75
4 Simplification du squelette-----	75
4.1 La simplification de courbe et de surfaces-----	75
a) La méthode de contraction itérative de sommets-----	76
4.2 La représentation multi-résolution-----	81
5. Résultats-----	82
5.1. La modélisation interactive.-----	82
5.1.1 La subdivision de courbe.-----	82
5.1.2 La subdivision de surfaces.-----	84
5.1.3 Evaluation.-----	85
5.1.4 Amélioration.-----	86
a. La subdivision adaptative.-----	86
b. La simplification.-----	87
5.2. La Simplification du Squelette.-----	88
5.2.1 La simplification de courbes-----	89
5.2.2 La simplification de surfaces.-----	92
a) La contraction d'une arête.-----	92
b) L'utilisation de la contrainte de bordure.-----	92
c) Le processus de simplification.-----	93
5.2.3 Evaluation.-----	94
5.3. La simplification de l'objet.-----	95
a. Résultats-----	96
b. Evaluation.-----	96
c. Amélioration.-----	96
5.4. Comparaisons entre les deux méthodes.-----	97
5.4.1 Avantages de la simplification du squelette par rapport à la simplification de l'objet.-----	97
5.4.2 Avantage de la simplification de l'objet par rapport à la simplification du squelette.-----	97
6. Conclusion.-----	97
 Conclusions Générale-----	 99
 Références Bibliographiques-----	 102

## ملخص

في إطار التمثيل الهندسي، تشكل السطوح الضمنية تمثيلا قويا للأشكال المعقدة، هذه القوة التعبيرية تزداد مع إمكانية تحديد سطوح بمساعدة هياكل هندسية ذات أبعاد أقل. و لكن العرض البطيء لهذه السطوح، خاصة بالنسبة للأشكال المعقدة، و التي تتطلب عدد أكبر من الهياكل، يحد من امتداد استعمالها.

التمثيل المتعدد الانحلال، و الذي يتركز على إعطاء تمثيل للأشكال من أجل قيم مختلفة لدرجات التفاصيل، هي من أحد الحلول المقترحة للتقليل من زمن عرض السطوح الضمنية، هذا مما يسمح بتفاعل جيد بين عملية تمثيل و تحريك المشاهد المعقدة.

لقد درسنا في هذه المذكرة إمكانية إعطاء تمثيل متعدد الانحلال للسطوح الضمنية، و النتيجة التي تحصلنا عليها، هي:

١. نضام تمثيل تفاعلي للسطوح الضمنية يستند التمثيل على نتيجة دمج هيكل مع نوات قدرة،

الهيكل يمكن أن يكون ذا شكل معقد متكون نتيجة تقسيم تكراري لمنحنيات و سطوح.

٢. نضام آخر يسمح عن طريق الشكل المتحصل عليه بتوليد مختلف النماذج بالنسبة لقيم

مختلفة من الانحلال، بالإضافة إلى تحصلنا على تمثيل متعدد الانحلال للشكل الضمني و

الذي يمكننا من استخراج تمثيل عند أي انحلال معين انطلاقا من درجة التفصيل

المطلوبة. لقد وجدنا أنه يمكننا توليد درجات التفاصيل باستخدام طريقتين:

• تبسيط الشكل باستعمال نواة اندماج كمرشح سفلي، و التغيير في عرض المرشح

يمكننا من الحصول على نماذج بسيطة مختلفة للشكل.

• تبسيط الهيكل باستخدام طريقة مناسبة، الطرق الموجودة للتبسيط المتعدد الزوايا،

لا تأخذ بعين الاعتبار خصوصية هيكلنا، و لهاذا قد قمنا بتكيف طريقة للتقليص

المكرر لملائمة هيكلنا.

لقد إقترحنا بعدها تمثيلا متعدد انحلال لكل طريقة تبسيط.

**المصطلحات :** التمثيل الهندسي، السطوح الضمنية، منحنيات و سطوح التقسيم، درجات التفصيل،

تمثيل متعدد الانحلال.

## Résumé

Dans le cadre de la modélisation géométrique, les surfaces implicites constituent un modèle puissant pour la modélisation d'objets complexes, cette puissance d'expression est enrichie surtout par la possibilité de définir des surfaces à l'aide de squelettes géométriques de dimension inférieure. Néanmoins, l'affichage relativement lent de ces surfaces, notamment pour des objets complexes demandant un grand nombre de squelettes, limite l'expansion de leur utilisation.

La représentation multirésolution, qui consiste à offrir une représentation des formes à différents niveaux de détail, est une des solutions proposées pour résoudre le problème de réduction du temps d'affichage des surfaces implicites, pour permettre une bonne interactivité dans la modélisation et l'animation de scène complexe.

Dans notre mémoire nous avons étudié la possibilité d'offrir une représentation multirésolution des surfaces implicites, le résultat est:

1. un système de modélisation interactive de surfaces implicites: la surface implicite est modélisée en se basant sur le résultat de la convolution d'une squelette et d'un noyau de potentiel, le squelette est peut être de forme complexe obtenu par un processus itératif de subdivision de courbes et de surfaces.
2. un système qui permet de générer, à partir de l'objet obtenu, des différentes représentations en différentes résolutions, et une représentation multirésolution de l'objet implicite qui permet d'obtenir une représentation à une résolution quelconque à partir du niveau de détail désiré. Nous avons trouvé que nous pouvons générer des niveaux de détail selon deux méthodes:
  - La simplification de l'objet par l'utilisation du noyau de convolution comme filtre passe-bas, la modification de la largeur du filtre nous permet d'obtenir différentes versions simplifiées de l'objet.
  - La simplification du squelette qui consiste à simplifier le squelette par une méthode appropriée, les méthodes existantes de simplification polygonale ne tiennent pas totalement en compte la particularité de notre squelette, nous avons adapté une méthode de contraction itérative à notre squelette.

Nous avons proposé ensuite une représentation multirésolution incrémentale pour chaque méthode de simplification.

**Mots clé:** modélisation géométrique, surfaces implicites, courbes et surfaces de subdivision, niveaux de détails, représentation multirésolution.

## Abstract

Within the framework of the geometrical modeling, the implicit surfaces constitute a powerful model for the modeling of complex objects; this power of expression is enriched especially by the possibility of defining surfaces with geometrical skeletons of inferior dimension. Nevertheless, the display relatively slow of these surfaces, notably for complex objects asking for a big number of skeletons, limits the expansion of their use.

Multiresolution Representation, which consists in offering a representation of forms in various levels of detail, is one of solutions proposed to resolve the problem of reduction of displaying time of implicit surfaces, to allow a good interactivity in the modeling and animation of complex scene.

In our dissertation we studied the possibility of offering a multiresolution representation of the implicit surfaces, result is:

1. A system of interactive modeling of implicit surfaces: the implicit surface is modeled basing on the result of the convolution of a skeleton and a potential kernel; the skeleton can be of complex shape obtained by an iterative process of subdivision curves and surfaces.
2. A system which allows to generate, from the obtained object, various representations in various resolution, and a multiresolution representation of the implicit object which allows to obtain a representation in a resolution from the level of wished detail. We found that we can generate levels of detail according to two methods:
  - The simplification of the object by the use of the convolution kernel as low-pass filter, the modification of the width of the filter allows us to obtain various versions simplified of the object.
  - The simplification of the skeleton which consists in simplifying the skeleton by a suited method, the existing methods of polygonal simplification do not totally hold counts the particularity of our skeleton; we adapted a method of iterative contraction to our skeleton.

We proposed then an incremental multiresolution representation for every method of simplification.

**Keywords:** geometric design, implicit, subdivision curves and surfaces, levels of details, multiresolution representation.