

**Titre :**

**Surfaces et volumes de subdivision interpolants et approximants couplés aux modèles topologiques adaptatifs et multirésolutions**

Directeur(s) de Thèse : Dominique BECHMANN, PR EX2

Unité(s) d'Accueil(s) : ICube

Établissement de rattachement : Université de Strasbourg

Collaboration(s) (s'il y a lieu) : co-encadrement avec Pierre KRAEMER, MC

Rattachement à un programme (s'il y a lieu) :

Collaboration avec MIMESIS, David CAZIER, PR1 et Lionel UNTEREINER, Post-doc.

Résumé (1500 caractères au maximum) :

Ce sujet de thèse se situe dans le domaine de la modélisation géométrique. L'équipe IGG est reconnue pour ses compétences autour des modèles topologiques combinatoires. Ces modèles représentent la décomposition en cellules (sommets, arêtes, faces et volumes) des objets, complétées par les relations d'adjacence et d'incidence entre ces cellules, fournissant ainsi la structure topologique des objets. Cette topologie doit être complétée par des informations géométriques ou de plongement. L'équipe IGG a précédemment expérimenté des surfaces paramétriques (Bézier) et des surfaces de subdivisions approximantes (B-Splines) comme modèles de plongement. Ces dernières ont été couplées à une représentation des objets, non plus par une surface ou un volume unique, mais par une série de maillages imbriqués constituant des niveaux de résolution différente (multirésolution) pouvant varier (adaptatif selon la zone de l'objet). La propriété des surfaces de subdivisions approximantes est que la surface limite de l'objet s'éloigne de la géométrie du niveau de résolution le plus grossier. Lorsque l'objet modélisé doit coller à des données réelles (IRM par exemple), associées au niveau de résolution le plus grossier, cette propriété éloigne l'objet des données ce qui peut compliquer les simulations.

L'objectif de cette thèse est d'explorer les surfaces de subdivisions interpolantes couplées aux modèles topologiques combinatoires adaptatifs et multirésolutions ainsi que leurs extensions à des volumes de subdivisions qui seront à définir. Partant d'un maillage grossier défini par des données issues d'images médicales reconstruites, ces schémas interpolants devront permettre de générer des maillages surfaciques et volumiques adaptés à ces données.

### Descriptif détaillé du sujet :

Sous certaines conditions, un schéma de subdivisions interpolant les points initiaux du maillage grossier de départ peut être extrait à partir d'un schéma de subdivisions approximant avec lequel la surface limite de l'objet s'éloigne de la géométrie du niveau de résolution le plus grossier donné par les points initiaux du maillage de départ [Lin & all 2008, Sabin & all 2010]. Cette extraction a été faite pour des schémas primaux pour des courbes de subdivision en décomposant le schéma interpolant 4-point [Dyn & all 1987] et le schéma approximant de Catmull-Clark [Catmull & Clark 1978] en deux passes, une passe topologique et une passe géométrique, et en montrant leur similitude lors de la passe topologique et leur complémentarité lors de la passe géométrique où les vecteurs de déplacement appliqués aux nouveaux points dans le schéma interpolant sont l'inverse des vecteurs de déplacement appliqués aux anciens points dans le schéma approximant (les anciens points sont ceux du maillage de départ et les nouveaux sont qui sont ajoutés par le schéma de subdivision).

Nous pensons qu'il est également possible de faire l'inverse c'est-à-dire d'extraire un schéma approximant à partir d'un schéma interpolant. Cette idée pourra être testée à partir de schémas interpolants sur les courbes de subdivision comme le 6-point ou sa généralisation au N-points [Deng & Ma 2013]. Une fois le passage d'un schéma à l'autre bien maîtrisé, la définition d'une grande variété de schémas de subdivision interpolants et approximants, unifiés dans une passe topologique, et inversés dans la passe géométrique, pourra être obtenue.

Nous pouvons citer les couplages suivants :

- (a) les schémas approximants primaux de Catmull-Clark ou le schéma  $\sqrt{2}$  [Bao & all 2004] qui sont prévus pour des maillages quadrangulaires et dont les versions interpolantes [Lin & all 2008] pourront être mise en place,
- (b) le schéma interpolant Butterfly [Dyn & all 1990] prévu pour des maillages triangulaires et dont la version approximante pourrait être conçue puis mise en place,
- (c) les schémas approximants primaux de Loop [Loop 1987] ou le schéma  $\sqrt{3}$  [Kobbelt 2000] qui sont prévus pour des maillages triangulaires et dont les versions interpolantes pourront être conçues puis mise en place,
- (d) les schémas approximants primaux unifiant les schémas de subdivision pour les maillages quadrangulaires et triangulaires [Stam & Loop 2003, Warren & Schaeffer 2004 et Schaeffer & Warren 2005] et pour lesquels les versions interpolantes [Lin & all 2013] pourront être mise en place.

Ces schémas devront ensuite être associés aux modèles topologiques combinatoires surfaciques adaptatifs et multirésolutions en s'inspirant de celles déjà réalisées pour les surfaces de subdivision approximante de Catmull-Clark, de Loop, de  $\sqrt{3}$  et ceux mélangeant quadrangles et triangles [Thèse IGG Kraemer 2009].

Pour le passage en volumique, ces schémas seront ensuite étendus et associés aux modèles topologiques combinatoires volumiques en s'inspirant de ce qui a été fait pour les schémas approximants [Thèse IGG Untereiner 2013].

Les développements seront réalisés dans la plateforme CGoGN d'IGG. Une application médicale pourra clore ce travail : Partant d'un maillage grossier défini par des données issues d'images médicales reconstruites, ces schémas interpolants devront permettre de générer des maillages surfaciques et volumiques adaptés à ces données. La preuve en sera faite par exemple pour le développement d'opérations de découpe d'objet en temps réel.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**[Catmull & Clark 1978]** E. Catmull, J. Clark, Recursively generated B-Spline surfaces on arbitrary topological meshes. *Computer-Aided Design*, 10 (6): 350-355, 1978.

**[Dyn & all 1987]** N. Dyn, D. Levin, J. Gregory, A four-point interpolatory subdivision scheme for curve design. *Computer Aided Geometric Design* 4, 257-268, 1987.

**[Loop 1987]** C. Loop, Smooth subdivision surfaces based on triangles. Master thesis, Utah University, 1987.

**[Dyn & all 1990]** N. Dyn, D. Levin, J. Gregory, A butterfly subdivision scheme for surface interpolation with tension control. *ACM Transactions on Graphics* 9(2):160-169, April 1990.

**[Kobbelt 2000]** L. Kobbelt,  $\sqrt{3}$  Subdivision. *ACM SIGGRAPH* (27): 103-112, July 2000.

**[Stam & Loop 2003]** J. Stam, C. Loop, Quad/triangle subdivision. *Computer Graphics Forum*, 22 (1):79-85, 2003.

**[Bao & all 2004]** Guiqing Li, Weiyin Ma, Hujun Bao,  $\sqrt{2}$  Subdivision for quadrilateral meshes. *The Visual Computer* 20:180-198, 2004.

**[Warren & Schaeffer 2004]** J. Warren, S. Schaeffer, A factored approach to subdivision surfaces, *Computer Graphics Applications* 24(3): 74-81, 2004.

**[Schaeffer & Warren 2005]** S. Schaeffer, J. Warren, On C2 triangle/quad subdivision, *ACM Transactions on Graphics*, 24(1): 28-36, 2005.

**[Lin & all 2008]** S. Lin, X. Luo, F. You, Z. Li, Deducing interpolating subdivision scheme for triangle/quad mesh, *Graphical models* 75: 247-254, 2013.

**[Sabin & all 2010]** U.H. Augsdörfer, N.A. Dodgson, M.A. Sabin, Variations on the four-point subdivision scheme. *Computer Aided Geometric Design* 27 :78-95, 2010.

**[Deng & Ma 2013]** Chongyang Deng, Weiyin Ma, A Unified Interpolatory Subdivision Scheme for Quadrilateral Meshes. *ACM Transactions on Graphics* 32 (3), Article 23, June 2013.

**[Lin & all 2013]** S. Lin, X. Luo, S. Xu, J. Wang, A new interpolating schemes from approximating subdivision schemes, *ACM Transactions on Graphics*, 27(5), December 2013.