

Titre du projet: **LAMAV.Albrecht**

Ecole Doctorale: **SCIENCES POUR L'INGENIEUR (ED SPI 072)**

Type d'allocations **allocation ordinaire**

Domaine scientifique principal du thème concerné **[1] Département Mathématiques et leurs interactions**

Domaine scientifique Secondaire (à préciser En cas d'interface) **[9] Département des Sciences et technologies de l'information et de la communication**

Thème et sous-thèmes prioritaires
**- Mathématiques, STIC, Nanotechnologies
- Interfaces de la physique, des mathématiques et des STIC**

Unité de recherche (nom, label, localisation) **LAMAV, EA 4015, FR CNRS 2956, Université de Valenciennes et du Hainaut-Cambrésis**

Nom, prénom et courriel du directeur de thèse **Albrecht, Gudrun, gudrun.albrecht@univ-valenciennes.fr
Professeure des Universités**

Nom, prénom du co-directeur éventuel

Titre du sujet de thèse en français
Modélisation et déformation de surfaces CAO à l'aide d'interfaces haptiques

Titre du sujet de thèse en anglais
CAD surface modelling and deformation by means of haptic interfaces

Argumentaire scientifique présentant les enjeux de la thèse et son adéquation avec le sous-thème prioritaire

Le projet de thèse proposé a comme objectif la modélisation géométrique de surfaces en réalité virtuelle, en particulier en intégrant l'interaction haptique pour la modélisation précise et effective en 3D. Traditionnellement, le designer produit des esquisses sur papier, des modèles en argile ou utilise des logiciels de design et les résultats sont *ensuite* transmis au constructeur qui se sert d'un logiciel de CAO. Habituellement, lors de ce transfert de données une partie de l'intention de design est perdue. Pour éviter cela le but est d'unifier la phase de design conceptuel et la phase de génération de modèle CAO par un système VRAD (« Virtual Reality Aided Design ») à l'aide d'interaction haptique.

Par rapport aux systèmes VRAD existants le but est d'améliorer le niveau de qualité et de contrôle en utilisant et en modifiant directement le modèle surfacique CAO à travers tout le processus de conception. En particulier, le but est de développer un prototype qui, à partir d'une triangulation de points 3D, remplace les

triangles plans de connexion C0 par des facettes triangulaires courbées connectées de façon G1, et qui adapte et déforme le modèle de façon interactive à l'aide de contrôle haptique.

L'enjeu est donc de développer des algorithmes mathématiques adaptés afin d'utiliser une interface haptique commandée par les lois de la physique pour interagir avec une maquette numérique (modèle CAO) sur l'ordinateur.

En ce qui concerne l'interface haptique l'utilisation d'une interface parallèle (Novint Falcon, voir <http://home.novint.com/> et http://www.youtube.com/watch?v=ik_pbsig1pA) et d'une interface sérieuse (Phantom Omni, voir <http://www.sensable.com/products-haptic-devices.htm>), de type « impedance » est envisagée.

Ce projet de thèse contribuera au projet pluridisciplinaire « CAO, contraintes et réalité virtuelle » localisé à et soutenu par l'Université de Valenciennes, qui implique les laboratoires LAMAV (Laboratoire de Mathématiques et leurs Applications de Valenciennes), LAMIH (Laboratoire d'Automatique, de Mécanique, et d'Informatique industrielles et Humaines) et CALHISTE (Cultures Arts Histoire Imaginaires Sociétés et Territoires Etrangers). Tout en visant principalement les applications de CAO, ce projet pourra avoir un impact important sur les domaines de la simulation médicale et de l'animation.

Connaissances et compétences requises

Bonnes connaissances en mathématiques (géométrie, analyse numérique) et en informatique (informatique graphique, structures de données).

Description du projet en français

Le travail se basera sur les références suivantes.

Les publications [8, 2] seront à la base du développement d'un algorithme pour le rendu haptique d'un maillage de triangles. Une attention particulière sera donnée aux opérations de modélisation haptique qui changent la topologie du maillage.

Les références [7, 1] serviront de base pour la représentation de surfaces adaptée à la modélisation géométrique de haute qualité.

En ce qui concerne la déformation de surfaces les articles [3, 6] constitueront le point de départ.

Afin de réaliser un retour d'effort basé sur les lois de la physique le candidat/la candidate consultera les références [4, 5].

Références:

[1] C. Fuenfzig, K. Mueller, D. Hansford and G. Farin, PNG1 Triangles for Tangent Plane Continuous Surfaces on the GPU, Graphics Interface 2008, Windsor, Canada.

[2] S.D. Laycock, A.M. Day, A Survey of Haptic Rendering Techniques, [Computer Graphics Forum](#), Volume 26, Number 1, March 2007, 50-65.

[3] I. Llamas, B. Kim, J. Gargus and J. Rossignac, C.D. Shaw, Twister: A space-warp operator for the two-handed editing of 3D shapes, ACM Trans. Graph. 22 (2003), Number 3, 663-668.

[4] J. Mezger, W. Straßer, Interactive Soft Object Simulation with Quadratic Finite Elements, AMDO 2006

[5] J. Mezger, B. Thomaszewski, S. Pabst, W. Straßer, Interactive Physically-Based Shape Editing, ACM Solid and Physical Modeling Symposium 2008, Stony Brook University, New York.

- [6] K. Singh, E. Fiume, Wires: A Geometric Deformation Technique, in Proceedings SIGGRAPH 98, 1998, 405-414.
- [7] A. Vlachos, J. Peters, C. Boyd, J.L. Mitchell, Curved PN triangles, Proceedings of 2001 Symposium on Interactive 3D graphics, 159—166.
- [8] C. Zilles, J. Salisbury, A constraint based god-object method for haptic display, IEEE Conference on Intelligent Robots and Systems 1995, 146-151.

Description du projet en anglais

The proposed research project deals with geometric modelling of surfaces in virtual reality, especially integrating haptic interaction for precise and effective modelling in 3D. Traditionally, the designer creates sketches on paper, clay models or uses software specifically made for conceptual design. After that, the conceptual design is passed on to an engineer who creates an engineering model with CAD software. Depending on what was used for conceptual design, the engineer only uses feature lines extracted from the conceptual model or starts from scratch using the conceptual model as a rough starting point. Usually in this data transfer a part of the design intention is lost. In order to avoid this, we want to unify the conceptual design phase and the engineering modelling phase by a *Virtual Reality Aided Design* system using haptic interaction.

In the area of VRAD software we have to differentiate between curve-centred modelling approaches and surface-centred modelling approaches.

In curve-centred modelling approaches, three-dimensional curves or two-dimensional curves in a chosen plane are entered first, and are then used for the construction of surfaces by usual CAD functionalities like creation of surfaces of revolution, extruding curves into surfaces, or filling in a surface into a polygonal hole.

In surface-centred modelling and solid-modelling approaches, a basic surface or solid is created and then modified incrementally into the desired target shape.

For bi-directional interaction with the sense of touch, there are haptic interfaces available which can acquire the position and force on the interactor and can give force feedback.

With haptic sculpting, as we have in mind, the surface of the modelled object is deformed while interacting with it. This is a very fast and easy to learn way of modelling due to its directness. Current VRAD systems using haptic interfaces are suitable predominantly for conceptual design.

We want to improve the level of quality and control by directly using and modifying a CAD surface representation throughout the whole engineering process. In particular, we wish to develop a prototype that, given a triangle mesh of 3D data points, replaces the C^0 -continuously connected planar triangles with G^1 -continuously connected curved triangles and interactively adapts and deforms the model by using haptic control.

The challenge thus is to develop mathematical algorithms for using a haptic interface, subject to physical laws, in order to interact with the digital mock-up (CAD model) on the computer. Regarding the choice of the haptic interface we plan to use a parallel one (Novint Falcon, see <http://home.novint.com/> and http://www.youtube.com/watch?v=ik_pbsig1pA) and a serial one (Phantom Omni, see <http://www.sensable.com/products-haptic-devices.htm>), both of impedance type. This PhD project will contribute to the multidisciplinary project "CAD, constraints and virtual reality" which is localised at and supported by the University of Valenciennes, and whose partners are the laboratories LAMAV, (Laboratoire de Mathématiques et leurs Applications de Valenciennes), LAMIH (Laboratoire d'Automatique, de

Mécanique, et d'Informatique industrielles et Humaines) and CALHISTE (Cultures Arts Histoire Imaginaires Sociétés et Territoires Etrangers). Even if this project concentrates on CAD applications, it is likely to have an important impact also in the domains of medical simulation and in animation.

The work will be based on the following references.

The publications [8, 2] will constitute the basis for the development of an algorithm for haptic rendering of a triangle mesh. Particular attention will be given to the haptic modelling operations that change the topology of the mesh.

The references [7, 1] will serve as basis for the choice of a surface representation that is adapted to high quality geometric modelling.

Regarding surface deformation the articles [3, 6] will be the starting point.

In order to realise physically based force feedback the candidate will consider the references [4, 5].

Références:

- [1] C. Fuenfzig, K. Mueller, D. Hansford and G. Farin, PNG1 Triangles for Tangent Plane Continuous Surfaces on the GPU, Graphics Interface 2008, Windsor, Canada.
- [2] S.D. Laycock, A.M. Day, A Survey of Haptic Rendering Techniques, [Computer Graphics Forum](#), Volume 26, Number 1, March 2007, 50-65.
- [3] I. Llamas, B. Kim, J. Gargus and J. Rossignac, C.D. Shaw, Twister: A space-warp operator for the two-handed editing of 3D shapes, ACM Trans. Graph. 22 (2003), Number 3, 663-668.
- [4] J. Mezger, W. Straßer, Interactive Soft Object Simulation with Quadratic Finite Elements, AMDO 2006
- [5] J. Mezger, B. Thomaszewski, S. Pabst, W. Straßer, Interactive Physically-Based Shape Editing, ACM Solid and Physical Modeling Symposium 2008, Stony Brook University, New York.
- [6] K. Singh, E. Fiume, Wires: A Geometric Deformation Technique, in Proceedings SIGGRAPH 98, 1998, 405-414.
- [7] A. Vlachos, J. Peters, C. Boyd, J.L. Mitchell, Curved PN triangles, Proceedings of 2001 Symposium on Interactive 3D graphics, 159—166.
- [8] C. Zilles, J. Salisbury, A constraint based god-object method for haptic display, IEEE Conference on Intelligent Robots and Systems 1995, 146-151.

