

# Projets de fin d'études

## M2 GIG 2019-2020

<b>Projet 1 : Alignement de nuages de points issus d'une structure multi-capteurs pour le contrôle de fabrication de grandes pièces</b>	<b>1</b>
<b>Projet 2 : Extraction des squelettes à partir des maillages simpliciaux n-dimensionnels (SLMS)</b>	<b>3</b>
<b>Projet 3 : Calcul des zones menottables à partir des projections 2D</b>	<b>4</b>
<b>Projet 4 : Génération automatique et réaliste de déformations de maillage</b>	<b>5</b>
<b>Projet 5 : Génération de modèles numériques de terrain par Deep Learning</b>	<b>6</b>
<b>Projet 6 : Extraction d'informations de scans LIDAR intérieurs</b>	<b>7</b>
<b>Projet 7 : Implémentation d'un algorithme de génération de metamolds pour la fabrication par moulage</b>	<b>8</b>
<b>Projet 8 : Segmentation 3D par la méthode du Livewire</b>	<b>9</b>
<b>Projet 9 : Décimation de maillages par la mesure de la qualité visuelle</b>	<b>10</b>

# Projet 1 : Alignement de nuages de points issus d'une structure multi-capteurs pour le contrôle de fabrication de grandes pièces

proposé par :

Manon Jubert (1)(2) [manon.jubert@lis-lab.fr](mailto:manon.jubert@lis-lab.fr) - Entreprise I-MC et Equipe G-Mod, LIS

Jean-Luc Mari (1) [jean-luc.mari@univ-amu.fr](mailto:jean-luc.mari@univ-amu.fr) - Equipe G-Mod, LIS

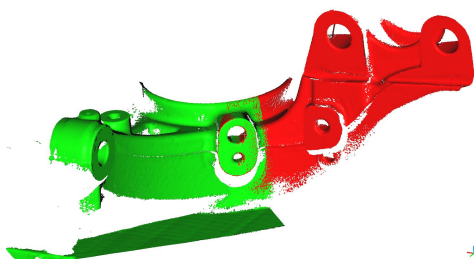
Le contrôle de grandes pièces via les capteurs optiques impose certaines contraintes. En effet, les capteurs optiques utilisés pour le contrôle de fabrication de pièces ont une taille de champs fixe qui est trop petite pour ce type de pièce. Une solution serait d'utiliser un ensemble de  $n$  capteurs afin de récupérer un nuage de points couvrant une plus grande surface sur la pièce.

Pour cela, plusieurs problématiques s'imposent : la transformation exacte entre les  $n$  capteurs doit être connue pour ensuite aligner les nuages de points entre eux et les projections de lumières des capteurs ne doivent pas se faire en simultané afin de ne pas perturber la reconstruction du nuage de points. De plus, il se peut que le contrôle voulu demande tout de même plusieurs positions et donc un déplacement de la structure maintenant les capteurs. Il faudrait donc ensuite aligner les nuages de points issus des différents scans. La transformation issue du robot n'étant pas assez précise pour un alignement correct, il faut donc chercher un moyen d'aligner plus finement les nuages de points.

Les différents objectifs du projet sont les suivants :

- Étudier la problématique d'alignement entre les nuages de points issus du scan multi-capteurs ;
- Établir une stratégie de synchronisation des capteurs en essayant d'être le plus rapide possible ;
- Établir une stratégie d'alignement entre les nuages de points issus des différentes positions de contrôle.

La validation du projet pourra se faire avec l'équipement disponible dans les locaux de l'entreprise I-MC basée à Pertuis. Deux capteurs par projection de franges LMI Gocator3210 seront mis à disposition.



Environnement :

- SDK Gocator pour l'acquisitions des nuages de points
- C, C++, PCL pour le développement des algorithmes
- Qt pour le développement d'une interface graphique

# Projet 2 : Extraction des squelettes à partir des maillages simpliciaux $n$ -dimensionnels (SLMS)

proposé par : Ricardo Uribe Lobello [ricardo.uribe-lobello@univ-amu.fr](mailto:ricardo.uribe-lobello@univ-amu.fr)

Jean-Luc Mari [jean-luc.mari@univ-amu.fr](mailto:jean-luc.mari@univ-amu.fr)

Equipe G-Mod - Laboratoire LIS

## Objectif du projet

Le squelette d'une forme peut être vue comme une représentation linéaire et simplifiée d'une forme en 2D, 3D ou des formes abstraites dans des dimensions supérieures, par exemple, une forme composée des points en trois dimensions qui changent de position dans le temps (quatrième dimension).

Un maillage simplicial est celui qui est composé des simplexes. C'est-à-dire, des lignes en une dimension, des triangles en deux dimensions, des tétraèdres en trois dimensions et ainsi de suite. Un tel maillage est conforme si pour chaque deux simplexes adjacents, ils partagent au plus un simplex de dimension inférieure. Par exemple, deux tétraèdres peuvent partager un point, une arête ou au plus une facette (un triangle). L'entrée de notre algorithme sera un maillage simpliciaux dans 3 dimensions mais les algorithmes développés sur ce sujet doivent être applicables aux maillages simpliciaux de dimension supérieure.

Il existe déjà de la recherche sur l'extraction des squelettes à partir des maillages. Dans le cas spécifique des maillages simpliciaux en 2D, votre intervenant vous fournira un article de référence [1] contenant une approche dual-primal pour l'extraction d'un squelette linéaire (Voir figure 1). Vous pouvez baser votre développement sur les idées contenues dans cet article. Les techniques qu'y sont expliquées peuvent être formalisées afin d'être utilisées sur des maillages simpliciaux de dimension supérieure.

Vous pourrez aussi vous baser sur un code déjà développé pour extraire des cellules duales en réalisant un amincissement des maillages 3D.

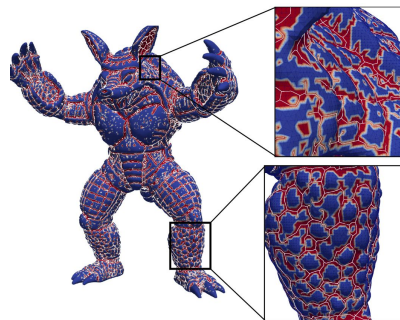


Figure 1. Extraction d'un squelette linéaire à partir d'un maillage surfacique.

### Environnement :

- C et C++, système d'exploitation Linux.
- Visualisation Toolkit (VTK) et Paraview.

[1] Dual-primal skeleton: a thinning scheme for vertices sets lying on a surface mesh.

# Projet 3 : Calcul des zones *menottables* à partir des projections 2D

proposé par : Aldo Gonzalez-Lorenzo [aldo.gonzalez-lorenzo@univ-amu.fr](mailto:aldo.gonzalez-lorenzo@univ-amu.fr)  
Equipe G-Mod - Laboratoire LIS

Quel est le point commun entre des menottes, une corde de pendu, une ceinture et un piercing ? Ils sont des objets avec une partie circulaire attachée à une partie du corps depuis laquelle on ne peut pas les enlever. On appelle ces zones (poignets, cou, goulots ou orifices) *menottables*. Ces exemples illustrent une notion mathématique qui requiert des concepts topologiques proches de la théorie de l'homotopie. Heureusement, la version discrète de ce problème est beaucoup plus simple.

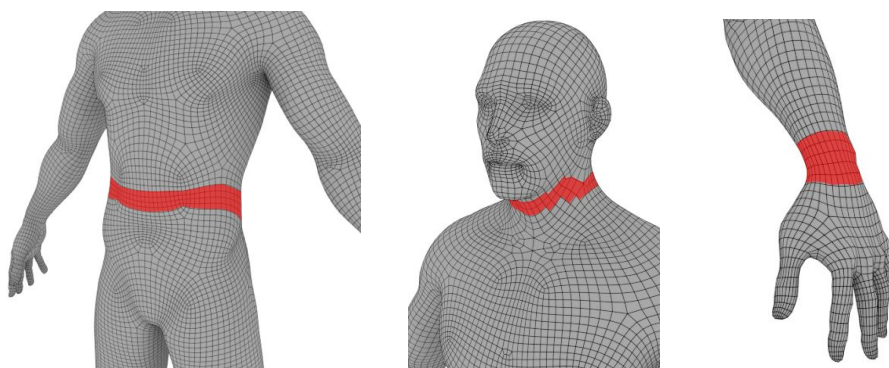
On s'intéresse à la détection de zones menottables sur un maillage 3D. Étant donné un tel maillage et un lacet (ou courbe fermée) d'une longueur fixe sur lui, on cherche jusqu'où on peut déplacer ce lacet. On peut ainsi détecter des zones menottables pour une longueur donnée. Le calcul des zones menottables est très long, on cherche donc dans ce projet à calculer des approximations depuis une projection 2D.

La notion de zone menottable peut être définie en 2D, où intuitivement on attrape une forme plate avec une pince plus ou moins grande, et son calcul est très rapide. Puisqu'on peut voir une zone menottable (3D) dans une projection 2D, on cherche à faire le contraire : calculer les zones menottables 2D sur les projection du maillage, trouver la meilleure, et la projeter sur le maillage 3D.

Les tâches de ce projet sont :

- Comprendre les zones menottables 2D et 3D (pas forcément leur calcul).
- Inventer une méthode ou heuristique qui permet de trouver la projection 2D du maillage qui maximise sa *menottabilité*.
- Inventer une méthode pour projeter la zone menottable 2D sur le maillage d'origine.
- Planter cette méthode en C++ et l'intégrer dans un logiciel qui calcule les zones menottables 2D.

Une application directe de ce travail est de permettre à un bras robotique de trouver comment saisir n'importe quel objet. Étant donné l'originalité de ce sujet, une publication en conférence de ce travail est parfaitement envisageable.



# Projet 4 : Génération automatique et réaliste de déformations de maillage

proposé par : Florian Beguet [florian.beguet@lis-lab.fr](mailto:florian.beguet@lis-lab.fr)

Jean-Luc Mari [jean-luc.mari@univ-amu.fr](mailto:jean-luc.mari@univ-amu.fr)

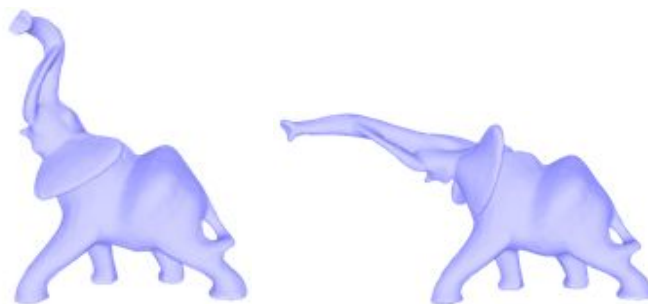
Equipe G-Mod - Laboratoire LIS

L'essor des réseaux de neurones profonds a permis une grande amélioration de la classification d'éléments dans des images. Cependant cette nouvelle méthode a entraîné de nouvelles problématiques. Un effet d'un réseau de neurone nécessite une grande base de données annotées afin d'effectuer son apprentissage. Si il est plutôt simple de produire des images et de les annoter, ce n'est pas le cas pour des modèles 3D. Cela nécessite le plus souvent des experts/artistes ce qui est extrêmement coûteux en temps de modélisation pour un maillage. C'est pourquoi une méthode automatique de génération réaliste de modèles 3D à partir d'un maillage initial permettrait la création d'une base de données annotée qui, couplée à un descripteur de forme adéquat, ouvrirait la voie dans la classification de maillage 3D par réseau de neurone.

Afin d'obtenir des déformations réalistes, des points d'intérêt devront d'abord être positionnés manuellement à des endroits "stratégiques" du modèle original (suivant une classification de Bookstein [1]). Il faudra également définir des règles afin d'éviter les potentielles collisions (exemple la trompe de l'éléphant qui se retrouve dans son corps) mais également les cassures du maillage à cause d'angles aberrants. La déformation du maillage pourra alors s'effectuer à l'aide d'un algorithme de déformation MLS (Moving Least Square) [2].

Dans un second temps il faudra automatiser la définition des points d'intérêt sur le maillage en se basant sur sa courbure (maxima de courbure, intersection de plusieurs sous-structures du maillage...).

L'ensemble du code devra impérativement être écrit en tant que plugin au sein d'une interface développée en C++ avec QT et la bibliothèque CGAL. Plusieurs outils nécessaires au projet sont déjà implémentés tel que la déformation MLS.



Exemple de déformation sur un maillage d'éléphant

## Environnement :

- C++, QT, Git, Cmake, Linux.
- Bibliothèque de traitement de maillage CGAL

1. L. Bookstein, Morphometric Tools for Landmark Data: Geometry and Biology. Cambridge University Press, 1992

2. Cuno, A., Esperança, C., Oliveira, A., & Cavalcanti, P. (2007). 3D as-rigid-as-possible deformations using MLS.

# Projet 5 : Génération de modèles numériques de terrain par Deep Learning

proposé par : Sébastien Thon [sebastien.thon@univ-amu.fr](mailto:sebastien.thon@univ-amu.fr)  
Equipe G-Mod - Laboratoire LIS

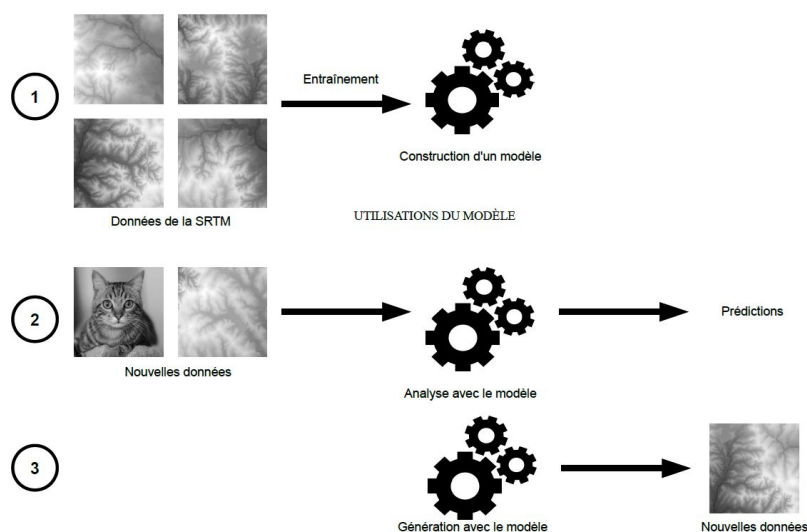
Le Deep Learning est une technique d'intelligence artificielle qui consiste à entraîner un réseau de neurones profond, avec énormément de couches intermédiaires, en analysant de grandes masses de données afin de définir les poids associés à ces neurones. Il est ensuite possible d'utiliser ce réseau de neurones pour soit analyser de nouvelles données, soit en générer.

Vous suivrez ce principe pour entraîner un réseau de neurones avec des modèles numériques de terrain réels, et l'utiliser ensuite pour déterminer si une nouvelle donnée en entrée est un terrain ou pas, et aussi pour générer de nouveaux modèles numériques de terrain.

Vous utilisez des données de relief de la Terre de la [SRTM](#) (Shuttle Radar Topography Mission) pour alimenter le réseau de neurones. Ces données sont organisées sous la forme d'un carroyage d'images au format TIFF de 6000 x 6000 pixels, chacune représentant les élévations d'une portion de surface terrestre de 5° x 5° avec une résolution de 30m. Vous les décomposerez en images plus petites (par exemple 600 x 600 pixels, pour une surface de 0.5° x 0.5°) avant de les fournir au réseau de neurones.

Le projet tient en trois étapes :

- Construire un réseau de neurones en Python avec [Tensorflow](#) et l'entraîner avec une série d'images de la SRTM. Vous pourrez vous baser sur la librairie [Keras](#), qui simplifie l'utilisation de Tensorflow.
- Tester le réseau de neurones en lui fournissant de nouvelles images, à la fois des images de la SRTM non utilisées lors de l'apprentissage, mais aussi des images quelconques.
- Utiliser le réseau de neurones pour générer de nouvelles images correspondant à des modèles numériques de terrain, et afficher ces terrains en 3D.



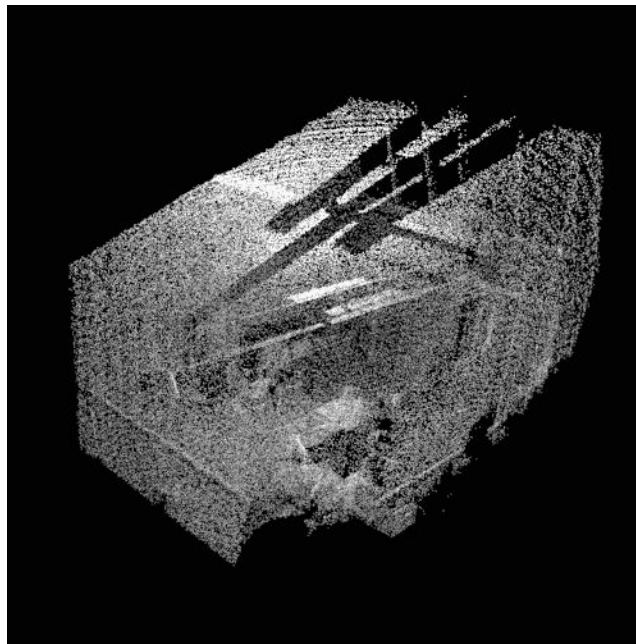
# Projet 6 : Extraction d'informations de scans LIDAR intérieurs

proposé par : Arnaud Polette  
Jean-Luc Mari

[arnaud.polette@ensam.eu](mailto:arnaud.polette@ensam.eu) - LISPEN, ENSAM  
[jean-luc.mari@univ-amu.fr](mailto:jean-luc.mari@univ-amu.fr) - Equipe G-Mod, LIS

Le lidar est un scanner 3D de profondeur par mesure de temps de vol, qui permet de faire des relevés 3D longues distances, en extérieur ou en intérieur. L'objectif de ce projet est de traiter des données intérieures issues d'un lidar afin d'extraire et segmenter des informations d'un environnement intérieur, tels que les murs, le mobilier, les portes, les fenêtres, etc. En partant des données brutes, une première étape consistera à séparer le nuages de points en différents cluster, qui seront ensuite utilisés pour classer les objets de la scène selon leur caractéristiques géométriques. Finalement, chaque classe sera à identifier parmi un ensemble prédéfini d'objets. À chaque étape les méthodes et bibliothèques à utiliser seront à définir.

Le développement sera à faire en C++, dans un environnement Qt, à travers OpenGL (4.0). Un ensemble de données tests seront fournies afin d'évaluer la méthode.





# Projet 7 : Implémentation d'un algorithme de génération de *metamolds* pour la fabrication par moulage

proposé par : Arnaud Polette

[arnaud.polette@ensam.eu](mailto:arnaud.polette@ensam.eu)

LISPEN - ENSAM

L'objectif de ce projet est d'implémenter une méthode de génération de "*metamolds*", qui sont des moules permettant de créer d'autres moules, dans notre contexte ce sont des moules imprimés en 3D permettant de créer des moules en silicone. La méthode proposée est décrite dans l'article "*Metamolds: Computational Design of Silicone Molds*" (voir lien plus bas), et a pour objectif de proposer des formes 3D de *metamolds* à partir de maillages donnés en entrée.

La méthode doit se présenter sous forme d'un petit outil avec une interface, permettant de charger un maillage en entrée, puis de calculer des formes potentielles de *metamolds*. Le résultat devra être exportable au format .obj ou .stl pour une utilisation ultérieure.

Le développement doit être fait en C++, le choix des librairies est libre (par exemple Qt + OpenMesh).

Lien vers l'article :

[https://research-explorer.app.ist.ac.at/download/13/5374/IST-2018-1038-v1%2B1\\_metamolds\\_aut horversion.pdf](https://research-explorer.app.ist.ac.at/download/13/5374/IST-2018-1038-v1%2B1_metamolds_aut horversion.pdf)



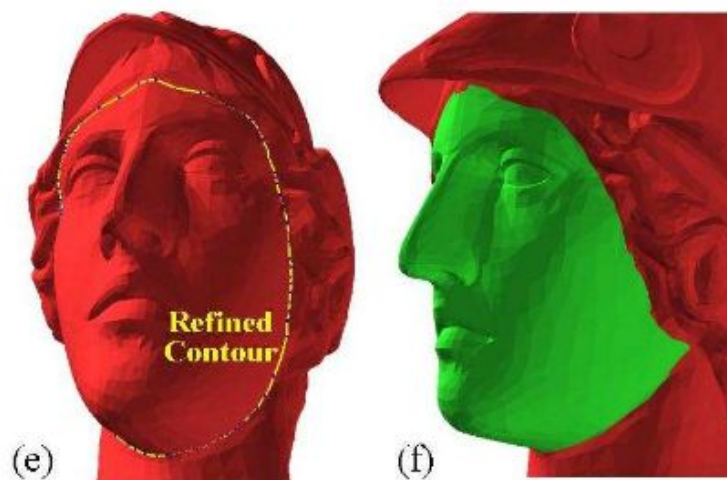
Metamolds: Computational Design of Silicone Molds



# Projet 8 : Segmentation 3D par la méthode du *Livewire*

proposé par : Romain Raffin [romain.raffin@univ-amu.fr](mailto:romain.raffin@univ-amu.fr)  
Equipe G-Mod - Laboratoire LIS

La méthode du Livewire, référencé également comme “Intelligent Scissors” est largement utilisé en 2D (sur des images) pour déterminer des zones, dont les contours sont adaptés au fur et à mesure du geste. On souhaiterait l’adapter à la sélection de zones sur un maillage 3D en fonction de critères plus larges (“qualité” des triangles, valence, ratio de forme...). Cela nécessite d’implémenter l’algorithme initial, d’en comprendre la construction et de proposer une structure générique de contraintes qui puissent être gérées par la segmentation.



*Image tirée des travaux de William Kiefer*

On étudiera également l’aspect incrémental de la méthode (où l’utilisateur pourrait rajouter des nœuds de segmentation après coup), afin d’envisager l’algorithme sur une représentation multi-échelles (départ avec un objet décimé, suivi de la segmentation sur un maillage plus volumineux, voire trop).

Le développement doit être fait en C++ (et Qt + OpenMesh) ou WebGL, la documentation en Doxygen. On privilégiera des dépendances faibles à l’IHM (chargement de fichier objet, de geste de sélection, export des résultats).

Quelques informations :

- [http://will.kiefer.io/papers/wkiefer\\_thesis.pdf](http://will.kiefer.io/papers/wkiefer_thesis.pdf)
- [https://en.wikipedia.org/wiki/Livewire\\_Segmentation\\_Technique](https://en.wikipedia.org/wiki/Livewire_Segmentation_Technique) (en 2 dimensions)

# Projet 9 : Décimation de maillages par la mesure de la qualité visuelle

proposé par : Romain Raffin et Ilyass Abouelaziz [romain.raffin@univ-amu.fr](mailto:romain.raffin@univ-amu.fr)  
Equipe G-Mod - Laboratoire LIS

Les maillages (ou les nuages de points) obtenus par la numérisation (photogrammétrie, laser) sont de taille trop élevés pour permettre une manipulation aisée, d'autant plus lorsque l'interface de gestion est un client léger.

Les méthodes de décimation classiques ne permettent pas (pour la plupart) de conserver des lignes d'arêtes saillantes ou des parties d'objets détaillés. Ces défauts sont visibles à l'œil lors d'un rendu mais difficilement quantifiable en ne s'appuyant que sur des méthodes géométriques. La mesure de la qualité visuelle, avec ou sans a priori, pourrait donc être un critère de qualité de la déformation, voire une fonction intégrable dans l'algorithme de décimation.

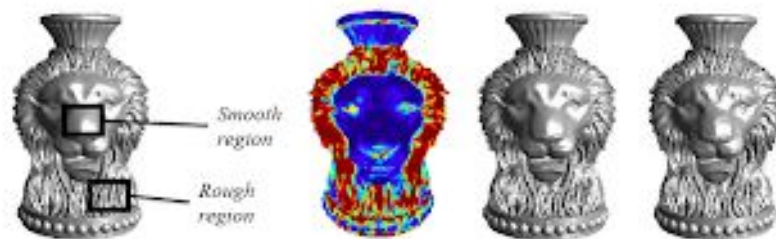


Image tirée des travaux de I. Abouelaziz

Dans le cadre de ce projet, les étapes à effectuer sont : comparer les résultats de qualité visuelle sur les mêmes maillages issus de plusieurs décimations, proposer une autre méthode de compression/décimation, en utilisant les propriétés locales des maillages (courbures, détails...) et la saillance, dans la suite des travaux de G. Turk et P. Lindstrom (image-driven simplification) :

[https://www.cc.gatech.edu/~turk/my\\_papers/image\\_simp\\_tog2000.pdf](https://www.cc.gatech.edu/~turk/my_papers/image_simp_tog2000.pdf) de D. Luebke :

<http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/summary?doi=10.1.1.17.6672> ou de G. Lavoué (LIRIS) :

<https://perso.liris.cnrs.fr/guillaume.lavoue/travaux/revue/TVCG2015.pdf>

Le développement sera fait en C++ (et Qt + OpenMesh), la documentation en Doxygen. On privilégiera des dépendances faibles à l'IHM (chargement de fichier objet, configuration des traitements, export des résultats). Les mesures de qualité visuelle seront effectuées par I. Abouelaziz.

Les travaux d'Ilyass, de l'équipe G-Mod sont disponibles ici :

<https://sites.google.com/site/ilyassabouelaziz/research>