

# De l'acquisition 3D à la visualisation interactive pour le suivi d'un processus destructeur irréversible

From 3D Acquisition to Interactive Visualization for a Destructive Non-Revertible Process

Serres B. , Venturini G.

**English Abstract**—We present a complete method covering from 3D data acquisition process to 3D interactive visualization. It allows to keep track of a non-revertible and time-evolutive process such as reconstructive or destructive ones. Constructive one can be a surgical reconstruction or statues restoration. Destructive ones can be an anatomical dissection or weathering abrasion effects. The proposed methodology gathers usefull processing and visuals tools that have been implemented in a full featured software. We finally show some results and pictures of an experimentation we set up with the dissection of a human brain specimen.

## 1 INTRODUCTION

Un processus destructif ou constructif fait évoluer l'état d'un objet au cours du temps. Dans la plupart des cas, de tels processus sont irréversibles. Nous nous intéressons donc ici au problème de l'étude de ces processus et présentons une méthode complète de suivi de l'état d'un objet en permettant de reconstruire plusieurs structures 3D d'intérêt présentes au sein de celui-ci. Dans le domaine biomédical, cette technique permet le suivi d'une dissection anatomique d'un spécimen. Dans le domaine de la chirurgie reconstructrice faciale [4], mammaire [2], une telle technique permet au praticien d'évaluer les résultats obtenus. Enfin, une telle technique peut également être utilisée pour des travaux de validations de mesures effectuées par des modalités d'acquisition volumiques non invasives comme l'IRM ou le scanner X [5]. En effet les précisions des dispositifs d'acquisition surfaciques ( $50 - 150\mu m$ ) sont supérieures aux dispositifs d'acquisition volumique cliniques ( $0.5mm$  à  $1mm$ ). Nous avons dans un premier temps développé et validé notre technique dans un contexte neuro-anatomique, avec l'objectif de construire des vérités terrains pour des faisceaux de fibres blanches au cours de la dissection d'un cerveau humain. Nous nous sommes intéressés aux différents aspects scientifiques et techniques nécessaires à notre méthode. La technique développée se découpe en plusieurs étapes, depuis l'acquisition des données jusqu'à la comparaison quantitative des données issues de dissection et IRM. Nous n'aborderons ici que la partie visualisation

3D et les outils d'interaction fournis à l'expert pour explorer ses données.

## 2 MÉTHODOLOGIE

### 2.1 Acquisition et traitements géométriques.

L'acquisition 3D est normalisée par l'élaboration d'un protocole mettant en œuvre un dispositif de type scanner laser 3D pour numériser les spécimens ainsi qu'une acquisition photographique haute résolution pour l'information de texture. Le scanner laser fournit un nuage de points dense qu'il est nécessaire de filtrer pour que le volume de données produit soit raisonnable. Pour cela, nous avons mis au point une chaîne de traitement comprenant une étape de ré-échantillonnage du nuage de points issu de l'acquisition 3D, suivie d'une étape de triangulation afin d'obtenir un maillage et enfin une dernière étape de simplification. A l'issue d'une étape de triangulation, les maillages 3D obtenus sont fins ( $0.3mm$ ) avec une répétabilité de  $\pm 0.15mm$ . La définition d'une telle chaîne de traitement assure la qualité et l'homogénéité des différentes surfaces d'étapes de dissection, en tentant de maîtriser le volume de données. La technique proposée apporte la possibilité d'ajouter aux maillages une information de couleur afin d'obtenir un rendu photo réaliste que nous avons mis en place à l'aide d'un plaquage de texture interactif (*projective texturing*). Les objets ainsi construits forment un ensemble représentant les différents instants clés de la dissection.

### 2.2 Visualisation immersive et navigation parmi les données.

Ces maillages texturés sont ensuite présentés à l'expert pour qu'il puisse naviguer librement parmi

- Serres B.: Université de Tours/Inserm U930  
E-mail: serres@univ-tours.fr
- Venturini G.: Université de Tours  
E-mail: venturini@univ-tours.fr

eux. La visualisation 3D proposée permet une visualisation mixte des maillages et d'images volumiques IRM afin de fournir à l'expert l'ensemble de ses données dans leur contexte anatomique. Pour cela, un recalage est nécessaire entre les maillages et l'image volumique. Ce recalage est effectué grâce à l'exécution de l'algorithme ICP [1] sur les points repères qui sont acquis simultanément aux étapes de dissection. La visualisation intègre des outils de filtrage visuels volumiques (fonctions de transfert interactives) et surfaciques (plans 3D de coupes). Ces outils permettent notamment à l'utilisateur de configurer la visualisation selon ses besoins, comme l'affichage/masquage des informations contextuelles.

### 2.3 Étiquetage interactif et Extraction de connaissances.

L'expert anatomiste recherche des portions de la structure d'intérêt qui seraient visibles sur les maillages 3D texturés. Pour mener à bien cette tâche, il dispose d'outils de segmentation 3D surfaciques, de sélection de triangles le long d'un segment ou à l'intérieur d'un polygone ou encore le long d'un chemin libre. Ces outils se combinent aisément, soit de manière additive, soit soustractive, pour autoriser la création d'un masque de sélection quelconque. Une sphère 3D glissant sur le relief des surfaces matérialise le curseur 3D permettant d'effectuer les sélections de triangles.

### 2.4 Implémentation et Performances.

Le volume de données à visualiser est important car constitué de l'ensemble des surfaces 3D texturées. En effet, ces surfaces 3D sont des maillages très fins, en moyenne 600K triangles, ayant une surface moyenne inférieure à  $0.5mm^2$  ( $0.5 \pm 0.034mm$ ). Pour les besoins des outils de sélection, chaque maillage est spatialement découpé en octree et représenté par un graphe de connectivité de faces. Les données attachées aux sommets (position, normale, couleur), les textures et les structures de données ad-hoc (Oc-tree, kd-Tree [3]) impliquent un encombrement en mémoire centrale important. Certaines de ces données sont donc embarquées sur GPU, avec l'utilisation des Vertex Buffer Object (VBO) pour les sommets, des textures 2D et également des textures 3D pour les images volumiques IRM. Les tâches interactives proposées à l'utilisateur, comme la projection de texture sur chaque maillage et le pilotage du rendu volumique des images IRM, sont réalisés sur GPU grâce à des *shaders* (GLSL). La visualisation est proposée en affichage stéréoscopique compatible avec un écran 120Hz et le kit Nvidia 3D vision (lunettes à obturation synchronisées). Le moteur 3D développé permet la stéréoscopie par l'intermédiaire du calcul d'un rendu simultané de l'œil gauche et droit en utilisant OpenGL et les capacités quadri-buffers des cartes Quadro.

# triangles	423 000	529 191	945 191	1 377 031
# frames	1 557	1 021	702	536
temps (en s)	423 000	529 191	945 191	1 377 031
$FPS_{min}$	41	24	16	12
$FPS_{max}$	57	37	26	19
$FPS_{moy}$	51.9	34.03	23.4	17.87

TABLE 1

Mesure des performances d'affichage en stéréo

Les performances obtenues sur une station Dell PrecisionT7400 équipé d'un GPU Quadro FX4600 sont récapitulées dans le tableau 1.

## 3 CONCLUSION & PERSPECTIVES

L'outil de visualisation immersif décrit ici est actuellement utilisé par les neuroanatomistes du CHU Bretonneau (Tours). Les acquisitions per-dissection sont réalisées sur des hémisphères de cerveau formolés (Cf. Figure 1). Les structures d'intérêt recherchées sont des faisceaux de fibres banches. Les étapes de dissections ont été modélisées de manière réaliste (Cf. Figure 2). La reconstruction 3D d'après dissection d'un faisceau spécifique, le Faisceau Longitudinal Supérieur (FLS), a pu être rendue possible grâce à l'application fournie (Cf. Figure 3). L'objectif de l'anatomiste est, à terme, de pouvoir comparer ces reconstructions de faisceau issues de ses segmentations à des résultats d'IRM de diffusion (tractographie). Nous travaillons actuellement à optimiser l'encombrement mémoire des nombreux maillages acquis. Nous explorons notamment des techniques de l'état de l'art permettant une compression des maillages.

## REFERENCES

- [1] P. J. Besl and N. D. McKay. A method for registration of 3-d shapes. *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 14(2):239–256, 1992.
- [2] K. Laszlo, E. Maximilian, H. Regina, Z. Alexander, S. Markus, S. Armin, E. Matthias, M. Andreas, S.-Z. Katja, A. P. Nikolaos, and B. Edgar. Comparison between breast volume measurement using 3d surface imaging and classical techniques. *The Breast*, 16(2):137 – 145, 2007.
- [3] A. Moore. An introductory tutorial on kd-trees. Technical Report 209, Computer Laboratory, University of Cambridge, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, Pittsburgh, PA, 1991.
- [4] J. H. Robin, K. Anthony, and L. W. John. 3d laser surface scanning and geometric morphometric analysis of craniofacial shape as an index of cerebro-craniofacial morphogenesis: initial application to sexual dimorphism. *Biological Psychiatry*, 51(6):507 – 514, 2002.
- [5] N. Trinh, J. Lester, B. Fleming, G. Tung, and B. Kimia. Accurate measurement of cartilage morphology using a 3d laser scanner. *Computer Vision Approaches to Medical Image Analysis*, 4241:37–48, 2006. 10.1007/11889762\_4.

## ILLUSTRATIONS

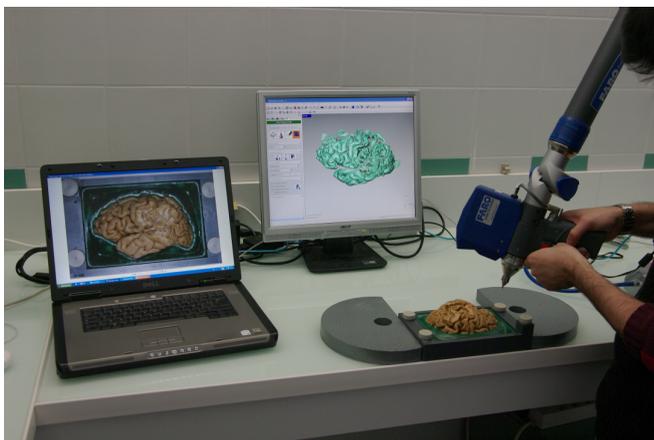


Fig. 1. Vue du poste de travail lors de l'acquisition 3D des données.

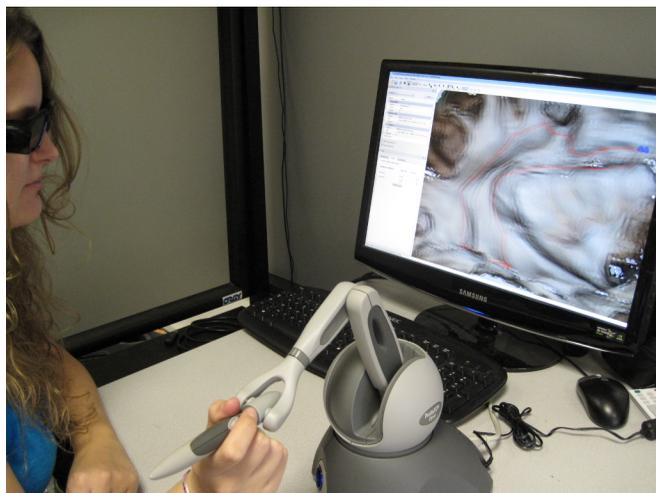
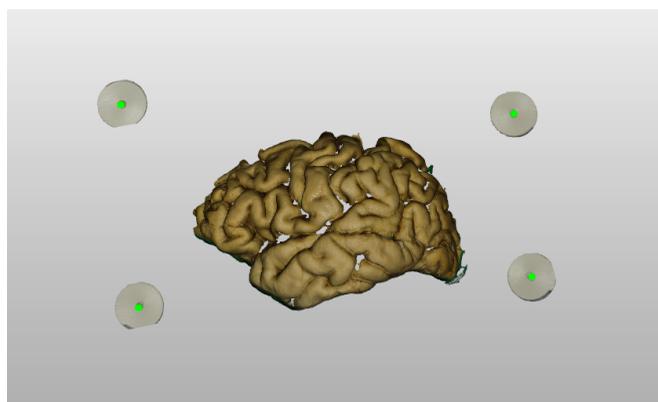
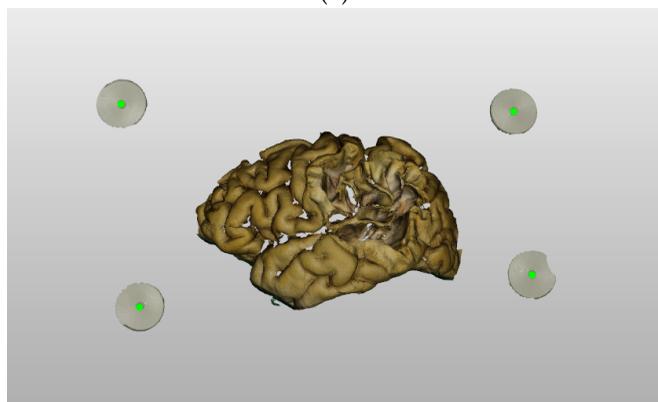


Fig. 3. Interface immersive fournie à l'expert pour la sélection des portions visibles de la structure d'intérêt. En plus de l'affichage stéréoscopique, nous apercevons ici l'utilisation d'un bras à retour d'effort (haptique) pour effectuer les tâches de segmentation.

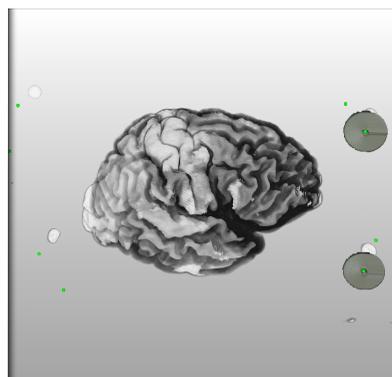


(a)

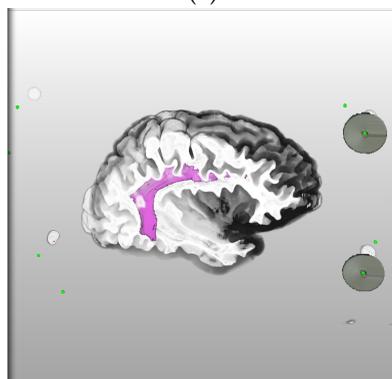


(b)

Fig. 2. (a) et (b) représentent la visualisation de maillages 3D texturés issus de deux étapes d'un processus destructif (dissection anatomique, hémisphère gauche de cerveau humain.). Les quatre points repères (sphères vertes) sont nécessaires au recalage qui est effectué entre les différentes étapes acquises.



(a)



(b)

Fig. 4. Rendu volumique d'images IRM. Les maillages sont ensuite recalés sur l'image IRM (a) montre le rendu complet de la pièce anatomique imagée. (b) fait apparaître une portion de faisceau de fibre qui est constituée la structure d'intérêt recherchée par l'expert. Les outils de filtrage visuels, comme le plan de coupe relatif à la caméra, permet l'obtention rapide de telles visualisations.