Reconstruction de volumes à partir de coupes parallèles, pour le traitement de films ou données médicales

Nicolas Limare
Université Pierre et Marie Curie-Paris6, Laboratoire Jacques-Louis Lions
175 rue du Chevaleret, 75013 Paris, e-mail : `limare@ann.jussieu.fr`

Simon Masnou
idem, e-mail : `masnou@ann.jussieu.fr`

Mots clefs : reconstruction, coupes parallèles, *level sets*, évolution de surfaces, segmentation

La reconstitution d'un volume à partir de coupes parallèles a suscité beaucoup d'intérêt avec la généralisation du scanner et de l'IRM. En dépit d'une meilleure définition des équipements d'imagerie, ce problème reste d'actualité pour réduire le temps d'acquisition des données et pour leur compression en vue d'archivage. Cependant, les techniques usuelles de reconstruction, qui utilisent l'adjonction d'arètes entre polygones parallèles ou un maillage 2D de la projection de deux polygones sur un même plan, gèrent difficilement la connexion de polygones de topologie très différentes.
La reconstitution de volumes trouve une autre application dans la restauration de films, plus précisément pour l'interpolation géométrique d'images ou de morceaux d'images manquants. Plus généralement, ce problème apparaît dans des applications faisant intervenir un traitement de données volumiques obtenues par plans de coupe, comme en géologie, archéologie, océanographie ou métallurgie.
Notre approche repose sur la reconstruction des ensembles de niveau et ne présuppose aucune topologie particulière. On peut en effet associer à chaque image (ou plan de coupe) des ensembles D_i ($D_i \subset D_j$ si $i > j$), chacun d'eux correspondant respectivement aux portions de l'image de luminosité (ou teinte) $>= i$. Après éventuelle correction des variations de luminosité (*flicker*), on souhaite obtenir des volumes V_i qui coïncident avec D_i sur chaque plan de coupe. Ces volumes sont obtenus par une approche de type *level sets* [1], par évolution d'une surface implicitement définie sur un domaine de dimension supérieure, et évite les difficultés liées aux maillages polyédriques, en particulier les changements de topologie. Plus précisément, notre approche consiste à reconstruire non pas directement les volumes V_i mais plutôt une fonction distance Φ qui leur est associée et que l'on fait évoluer selon l'équation $\frac{\partial \Phi}{\partial t} = \beta \frac{\nabla \Phi}{|\nabla \Phi|}$, sous la contrainte que sa restriction aux plan de coupe converge vers une fonction implicite des traces ∂D_i (dans l'esprit de [3]). L'évolution par courbure moyenne ($\beta = H$) ne produisant pas les volumes qu'on pourrait attendre à partir de coupes parallèles (deux cercles sont joints par une caténoïde), on choisit plutôt $\beta = minmod(\kappa_1, \kappa_2)$ ou $\beta = K$, la courbure gaussienne. Cette évolution pose des questions théoriques très intéressantes en relation avec la théorie des solutions de viscosité [2]. Numériquement, Φ et ses dérivées successives sont approchées sur une grille de $\mathbb{R}^3$ et l'évolution se fait par schéma semi-implicite aux différences finies. Les opérations sont effectuées localement autour de $\Phi = 0$ à l'aide de techniques usuelles de *fast marching/sweeping* [1].

Références

[1] J. A. Sethian, *Level Set Methods and Fast Marching Methods*, Cambridge University Press, 1999.

[2] H. Ishii and T. Mikami *A level set approach to the wearing process of a nonconvex stone* Calc. Var., **19**, 53–93, 2004.

[3] T. Shan and L. Vese *Active Contours Without Edges*, IEEE Trans. on Image Proc., **10**(2), 266–277, 2001.