

UNE INTRODUCTION À LA MÉTHODE DES LIGNES DE NIVEAUX ET À SES APPLICATIONS

CHARLES DAPOGNY*

* *Laboratoire Jean Kuntzmann, Université Grenoble-Alpes, CNRS, Grenoble, France*

Depuis son introduction dans les années 1980, la méthode des lignes de niveaux est un outil de choix lorsqu'il s'agit de représenter une interface en évolution.

Brièvement, elle repose sur un changement de point de vue, par lequel l'interface mobile est décrite de manière implicite – comme l'ensemble de niveau 0 d'une fonction auxiliaire définie sur tout l'espace ambiant. Sur le plan théorique, ce changement de point de vue offre une modélisation souple de problèmes d'évolution de domaines qui sont classiquement très difficiles à paramétrer. Dans la pratique numérique, la méthode des lignes de niveaux rend compte avec une robustesse et une efficacité uniques de très grandes déformations, y compris des changements de topologie (permettant par exemple de modéliser des gouttes de fluide qui se séparent, ou à l'inverse coalescent).

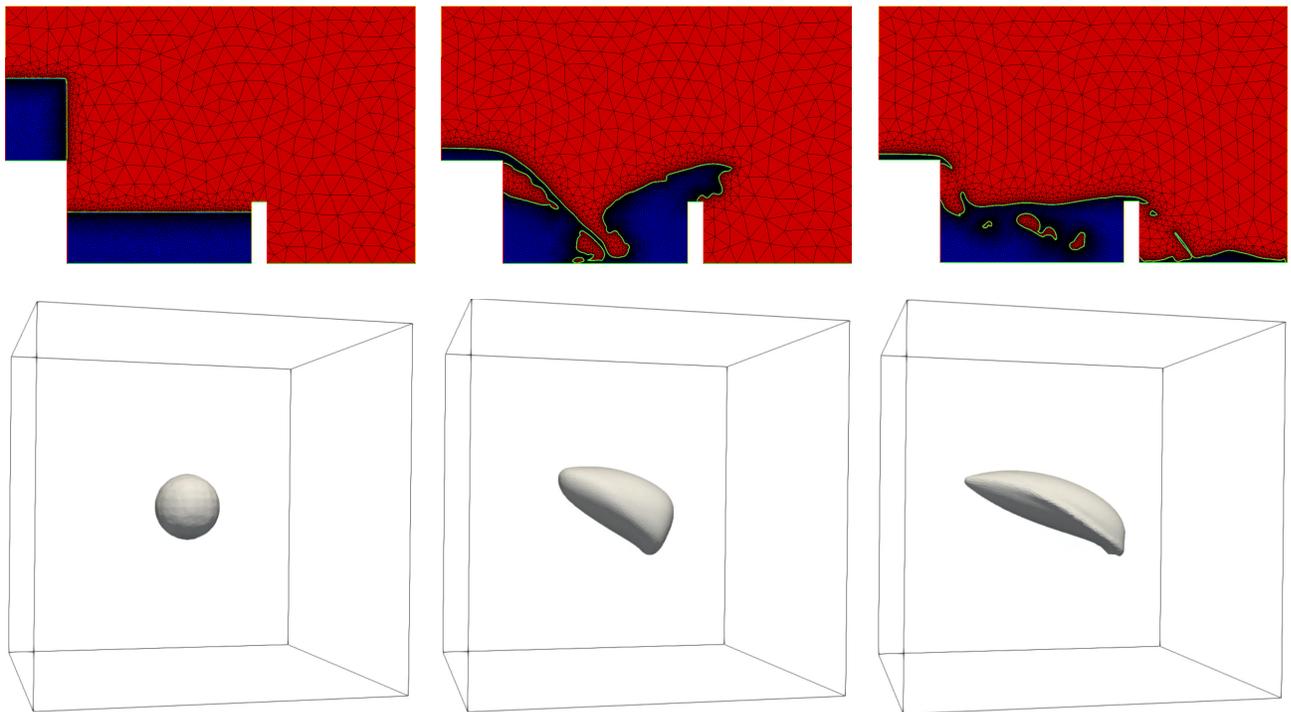


FIGURE 1. (Haut) *Suivi d'un volume d'eau (phase bleue) après effondrement d'un barrage ; (bas) Optimisation de la forme d'une aile d'avion au regard de la traînée par déformations successives de la frontière d'un design initial "naïf".*

Cette méthode très générale est aujourd'hui couramment utilisée dans les milieux académiques et industriels pour traiter des phénomènes aussi divers que l'évolution d'interfaces fluides, l'optimisation de structures

par déformations itératives de leur frontière, la segmentation d'images obtenues par IRM dans le domaine bio-médical, etc.

L'objectif de ce mini-cours est d'esquisser quelques aspects théoriques liés à la méthode des lignes de niveaux, mais aussi, et surtout, de présenter les principaux outils numériques liés à sa mise en œuvre pratique, ainsi que certaines de ses applications les plus spectaculaires.

REFERENCES

- [1] G. ALLAIRE, F. JOUVE, AND A.-M. TOADER, *Structural optimization using sensitivity analysis and a level-set method*, Journal of computational physics, 194 (2004), pp. 363–393.
- [2] Y. GIGA, *Surface evolution equations*, Springer, 2006.
- [3] S. OSHER AND R. FEDKIW, *Level set methods and dynamic implicit surfaces*, vol. 153, Springer Science & Business Media, 2006.
- [4] J. A. SETHIAN, *Level set methods and fast marching methods: evolving interfaces in computational geometry, fluid mechanics, computer vision, and materials science*, vol. 3, Cambridge university press, 1999.
- [5] S. O. UNVERDI AND G. TRYGGVASON, *A front-tracking method for viscous, incompressible, multi-fluid flows*, Journal of computational physics, 100 (1992), pp. 25–37.