

Ingénieur de Recherche TTK

Julien Tierny

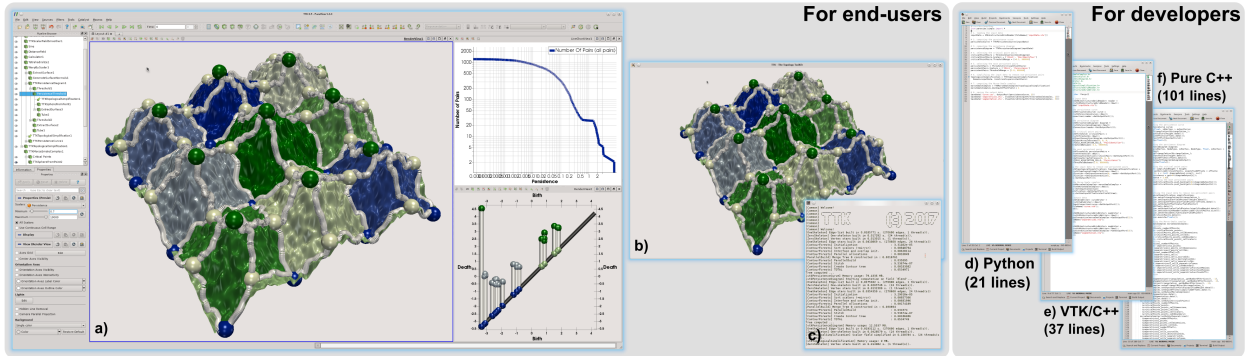


Fig. 1. TTK (the “Topology ToolKit” [2, 49]) est une bibliothèque open-source écrite en C++ pour l’analyse topologique de données. Elle fournit plusieurs interfaces (C++ pure (f), VTK/C++ (e), Python (d)) pour répondre aux besoins de développeurs aux profils plus ou moins avancés. Pour les utilisateurs finaux, elle propose aussi des plugins pour la plateforme de visualisation open-source ParaView [1] (a) développée par l’entreprise Kitware [56]. TTK est disponible publiquement sous licence BSD depuis Avril 2017. Depuis, 17 institutions différentes ont contribué à son code (14 institutions académiques, 3 entreprises). Dans le cadre du projet ERC “TORI”, nous recrutons un ingénieur de recherche en CDD pour une durée minimum d’un an, pour contribuer au maintien de TTK et au développement de nouvelles fonctionnalités.

1 CONTEXTE

L’analyse topologique de données (TDA) [10, 13, 36, 45, 46] est une discipline à cheval entre informatique et mathématiques appliquées qui propose d’analyser des données complexes au vu de leur structure, de leur topologie [33]. Elle connaît un essor important depuis quelques années, dû principalement à ses succès récents en *data science* [36, 46] et en *machine learning* [9], ainsi qu’aux développements open-source récents la mettant en oeuvre [2, 17, 49].

Parmi les différents outils d’analyse développés en TDA (comme le graphe de Reeb [20–23, 37, 38, 51], le complexe de Morse-Smale [16, 26, 32, 39]), l’homologie persistante [13, 14, 24, 53, 54] est un outil fondamental qui propose de mesurer l’importance des structures topologiques (composantes connexes, cycles, cavités, etc.) selon leur *durée de vie* (leur plage de valeur dans les données). Cette théorie permet d’introduire une mesure de bruit sur les structures topologiques, appelée *persistance*, dont la stabilité a été démontrée d’un point de vue théorique [12], et qui permet en pratique de distinguer avec efficacité et précision les structures d’intérêt du bruit (voir Fig. 1). L’efficacité pratique de l’homologie persistante a été documentée dans de nombreuses applications, comme en imagerie médicale [3, 8], en biologie cellulaire [27], en mécanique des fluides [7, 11, 19, 29, 34, 42, 47], en physique des matériaux [15, 28, 31], en combustion [5, 6, 25, 30], en chimie moléculaire [4, 18, 35], en astrophysique [41, 44], en traitement de surfaces [48, 50, 52, 55], en compression [43] ou encore en monitoring de simulations numériques haute-performance [40].

2 DESCRIPTION TECHNIQUE

TTK (the “Topology ToolKit” [49]) est une bibliothèque open-source écrite en C++ (environ 120,000 lignes) pour l’analyse topologique de données. Elle fournit plusieurs interfaces (C++ pure, VTK/C++, Python) pour répondre aux besoins de développeurs aux profils plus ou moins avancés. Pour les utilisateurs finaux, elle propose aussi des

plugins pour la plateforme de visualisation open-source ParaView [1] développée par l’entreprise Kitware [56].

TTK fournit des fonctionnalités pour l’analyse topologique de données scalaires, bivariées, incertaines, variant dans le temps ou en haute dimension.

TTK est disponible publiquement sous licence BSD depuis Avril 2017. Depuis, plus de 6000 commits ont été effectués sur le dépôt officiel Github¹ par 17 institutions différentes, dont 14 institutions académiques (Arizona State University, Clemson University, CNRS, Heidelberg University, INRIA, Kyushu University, Linköping University, Los Alamos National Laboratory, Sorbonne Université, TU Kaiserslautern, University of Arizona, University of Leeds, University of Utah, Zuse Institute Berlin) et 3 entreprises (ShapeShift3D, Kitware, Total).

En pratique (d’après les statistiques de visite de son site Web), TTK est utilisée principalement dans les domaines de la science et de l’ingénierie dans l’académique, dans les laboratoires nationaux et dans les entreprises (entreprises visitant le plus le site web: Amazon, Microsoft, Intel, Total).

3 MISSIONS

Dans le cadre du projet ERC “TORI”², nous recrutons un ingénieur de recherche en CDD pour une durée minimum d’un an, pour contribuer au maintien de TTK et au développement de nouvelles fonctionnalités.

En particulier, les missions de l’ingénieur consisteront à:

- Gérer les remontées de bug provenant des mailing listes utilisateurs et développeurs et du portail Github (“Issues”);
- Développer des correctifs de résolution de bugs;
- Développer de nouvelles fonctionnalités selon les besoins exprimés par le responsable du projet;

• Julien Tierny is with Sorbonne Université, CNRS, LIP6 UMR 7606, France. E-mails: julien.tierny@sorbonne-universite.fr.

¹ <https://github.com/topology-tool-kit/ttpk>

² <https://erc-tori.github.io/>

- Documenter les nouvelles fonctionnalités sous la forme de documentation Doxygen et d'exemples³.
- Présenter régulièrement TTK et ses démos à l'occasion de visites de personnalités au laboratoire ou de missions dans des conférences internationales;
- Collaborer avec les entreprises partenaires de TTK (Kitware, Total, EDF).

4 PERSPECTIVES

De manière générale, ce poste apportera un bagage de compétences scientifiques et techniques pointues et recherchées dans le domaine de la *data science* et de l'analyse et de la visualisation interactive de données scientifiques (TDA, TTK [49], ParaView [1]). Il constitue donc une expérience fortement valorisable pour accéder à des fonctions R&D sur ces thèmes, dans le monde académique comme industriel (Kitware, EDF, Total, CEA, etc.).

5 PROFIL

Nous recherchons un(e) candidat(e) très motivé(e)! Curiosité, ouverture d'esprit, créativité, et ténacité sont les aptitudes de caractère que nous recherchons. Ce poste s'adresse aux jeunes diplômés de masters en informatique ou mathématiques appliquées (et domaines connexes) ou aux étudiants sortant d'école d'ingénieurs. Le ou la candidat(e) devra démontrer de l'aisance avec la programmation C++. Un intérêt pour la 3D, la géométrie, la topologie et plus généralement pour les mathématiques et l'informatique est requis.

6 LIEU

Le lieu de travail est le laboratoire d'informatique (LIP6) de Sorbonne Université, en plein coeur de Paris (arrêt Jussieu, lignes 7 et 10). Ce poste est encadré par Julien Tierny, chercheur au CNRS, expert en analyse topologique de données pour la visualisation et l'analyse de données scientifiques (<https://julien-tierny.github.io/>).

7 CANDIDATURES

Nous invitons les candidat(e)s à nous faire parvenir leur lettre de candidature accompagnée d'un CV mis à jour à Julien Tierny (julien.tierny@sorbonne-universite.fr). Nous vous encourageons à nous contacter par email pour toute question ou pour discuter davantage du poste.

REFERENCES

- [1] J. Ahrens, B. Geveci, and C. Law. Paraview: An end-user tool for large-data visualization. *The Visualization Handbook*, pp. 717–731, 2005.
- [2] T. Bin Masood, J. Budin, M. Falk, G. Favelier, C. Garth, C. Gueunet, P. Guillou, L. Hofmann, P. Hristov, A. Kamakshidasan, C. Kappe, P. Klacansky, P. Laurin, J. Levine, J. Lukaszczuk, D. Sakurai, M. Soler, P. Steneteg, J. Tierny, W. Usher, J. Vidal, and M. Wozniak. An Overview of the Topology ToolKit. In *TopoInVis*, 2019.
- [3] A. Bock, H. Doraiswamy, A. Summers, and C. Silva. Topoangler: Interactive topology-based extraction of fishes. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2017.
- [4] R. A. Boto, J. C. Garcia, J. Tierny, and J.-P. Piquemal. Interpretation of the reduced density gradient. *Molecular Physics*, 2016.
- [5] P. Bremer, G. Weber, J. Tierny, V. Pascucci, M. Day, and J. Bell. A topological framework for the interactive exploration of large scale turbulent combustion. In *Proc. of IEEE eScience*, 2009.
- [6] P. Bremer, G. Weber, J. Tierny, V. Pascucci, M. Day, and J. Bell. Interactive exploration and analysis of large scale simulations using topology-based data segmentation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2011.
- [7] T. Bridel-Bertomeu, B. Fovet, J. Tierny, and F. Vivodtzev. Topological Analysis of High Velocity Turbulent Flow. In *IEEE Symposium on Large Data Analysis and Visualization (posters)*, 2019.
- [8] H. Carr, J. Snoeyink, and M. van de Panne. Simplifying flexible isosurfaces using local geometric measures. In *IEEE VIS*, 2004.

- [9] F. Chazal, L. Guibas, S. Oudot, and P. Skraba. Persistence-based clustering in Riemannian manifolds. *Journal of the ACM*, 2013.
- [10] F. Chazal and J. Tierny. Topological data analysis, online class. <http://lip6.fr/Julien.Tierny/topologicalDataAnalysisClass.html>.
- [11] F. Chen, H. Obermaier, H. Hagen, B. Hamann, J. Tierny, and V. Pascucci. Topology analysis of time-dependent multi-fluid data using the reeb graph. *Computer Aided Geometric Design*, 2013.
- [12] D. Cohen-Steiner, H. Edelsbrunner, and J. Harer. Stability of persistence diagrams. In *Symp. on Comp. Geom.*, 2005.
- [13] H. Edelsbrunner and J. Harer. *Computational Topology: An Introduction*. American Mathematical Society, 2009.
- [14] H. Edelsbrunner, D. Letscher, and A. Zomorodian. Topological persistence and simplification. *Disc. Compu. Geom.*, 2002.
- [15] G. Favelier, C. Gueunet, and J. Tierny. Visualizing ensembles of viscous fingers. In *IEEE SciVis Contest*, 2016.
- [16] R. Forman. A user's guide to discrete Morse theory. *Adv. in Math.*, 1998.
- [17] C. Garth, C. Gueunet, P. Guillou, F. Iuricich, J. A. Levine, J. Lukaszczuk, M. Pont, J. Tierny, J. Vidal, B. Wang, and F. Wetzels. Topological Analysis of Ensemble Scalar Data with TTK. In *Proc. of IEEE VIS Tutorials*, 2022. <https://topology-tool-kit.github.io/ieeeVisTutorial.html>.
- [18] D. Guenther, R. Alvarez-Boto, J. Contreras-Garcia, J.-P. Piquemal, and J. Tierny. Characterizing molecular interactions in chemical systems. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2014.
- [19] D. Guenther, J. Salmon, and J. Tierny. Mandatory critical points of 2D uncertain scalar fields. *Computer Graphics Forum (Proc. of EuroVis)*, 2014.
- [20] C. Gueunet, P. Fortin, J. Jomier, and J. Tierny. Contour forests: Fast multi-threaded augmented contour trees. In *IEEE LDAV*, 2016.
- [21] C. Gueunet, P. Fortin, J. Jomier, and J. Tierny. Task-based augmented merge trees with fibonacci heaps. In *IEEE LDAV*, 2017.
- [22] C. Gueunet, P. Fortin, J. Jomier, and J. Tierny. Task-based Augmented Contour Trees with Fibonacci Heaps. *IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems*, 2019. Accepted.
- [23] C. Gueunet, P. Fortin, J. Jomier, and J. Tierny. Task-based Augmented Reeb Graphs with Dynamic ST-Trees. In *Eurographics Symposium on Parallel Graphics and Visualization*, 2019.
- [24] P. Guillou, J. Vidal, and J. Tierny. Discrete Morse Sandwich: Fast Computation of Persistence Diagrams for Scalar Data – An Algorithm and A Benchmark. Technical report, Sorbonne University, 2022.
- [25] A. Gyulassy, P. Bremer, R. Grout, H. Kolla, J. Chen, and V. Pascucci. Stability of dissipation elements: A case study in combustion. *Computer Graphics Forum (Proc. of EuroVis)*, 2014.
- [26] A. Gyulassy, P. T. Bremer, B. Hamann, and V. Pascucci. A practical approach to morse-smale complex computation: Scalability and generality. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2008.
- [27] A. Gyulassy, D. Guenther, J. A. Levine, J. Tierny, and V. Pascucci. Conforming morse-smale complexes. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2014.
- [28] A. Gyulassy, A. Knoll, K. Lau, B. Wang, P. Bremer, M. Papka, L. A. Curtiss, and V. Pascucci. Interstitial and interlayer ion diffusion geometry extraction in graphitic nanosphere battery materials. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2015.
- [29] J. Kasten, J. Reininghaus, I. Hotz, and H. Hege. Two-dimensional time-dependent vortex regions based on the acceleration magnitude. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2011.
- [30] D. E. Laney, P. Bremer, A. Mascarenhas, P. Miller, and V. Pascucci. Understanding the structure of the turbulent mixing layer in hydrodynamic instabilities. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2006.
- [31] J. Lukaszczuk, G. Aldrich, M. Steptoe, G. Favelier, C. Gueunet, J. Tierny, R. Maciejewski, B. Hamann, and H. Leitte. Viscous fingering: A topological visual analytic approach. *Applied Mechanics and Materials*, 2017.
- [32] J. Milnor. *Morse Theory*. Princeton U. Press, 1963.
- [33] MyWhyU. A humorous look at the topology of curved space. <https://www.youtube.com/watch?v=p2ofJPh2yMw&list=PL09E9E697F585A58C>.
- [34] F. Nauleau, F. Vivodtzev, T. Bridel-Bertomeu, H. Beaugendre, and J. Tierny. Topological Analysis of Ensembles of Hydrodynamic Turbulent Flows – An Experimental Study. In *IEEE Symposium on Large*

³Site d'exemples TTK: <https://topology-tool-kit.github.io/examples>.

Data Analysis and Visualization, 2022.

- [35] M. Olejniczak, A. S. P. Gomes, and J. Tierny. A Topological Data Analysis Perspective on Non-Covalent Interactions in Relativistic Calculations. *International Journal of Quantum Chemistry*, 2019.
- [36] V. Pascucci, X. Tricoche, H. Hagen, and J. Tierny. *Topological Methods in Data Analysis and Visualization: Theory, Algorithms and Applications*. Springer, 2010.
- [37] M. Pont, J. Vidal, J. Delon, and J. Tierny. Wasserstein Distances, Geodesics and Barycenters of Merge Trees. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2021.
- [38] G. Reeb. Sur les points singuliers d'une forme de Pfaff complètement intégrable ou d'une fonction numérique. *Acad. des Sci.*, 1946.
- [39] V. Robins, P. Wood, and A. Sheppard. Theory and algorithms for constructing discrete morse complexes from grayscale digital images. *IEEE Trans. on Pat. Ana. and Mach. Int.*, 2011.
- [40] E. Santos, J. Tierny, A. Khan, B. Grimm, L. Lins, J. Freire, V. Pascucci, C. Silva, S. Klasky, R. Barreto, and N. Podhorszki. Enabling advanced visualization tools in a web-based simulation monitoring system. In *Proc. of IEEE eScience*, 2009.
- [41] N. Shivashankar, P. Pranav, V. Natarajan, R. van de Weygaert, E. P. Bos, and S. Rieder. Felix: A topology based framework for visual exploration of cosmic filaments. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2016. <http://vgl.serc.iisc.ernet.in/felix/index.html>.
- [42] M. Soler, M. Plainchault, B. Conche, and J. Tierny. Lifted Wasserstein matcher for fast and robust topology tracking. In *IEEE Symposium on Large Data Analysis and Visualization*, 2018.
- [43] M. Soler, M. Plainchault, B. Conche, and J. Tierny. Topologically controlled lossy compression. In *Proc. of IEEE PacificVis*, 2018.
- [44] T. Sousbie. The persistent cosmic web and its filamentary structure: Theory and implementations. *Royal Astronomical Society*, 2011. <http://www2.iap.fr/users/sousbie/web/html/indexd41d.html>.
- [45] J. Tierny. Introduction to topological data analysis. <https://hal.archives-ouvertes.fr/ce1-01581941/file/manuscript.pdf>.
- [46] J. Tierny. *Topological Data Analysis for Scientific Visualization*. Springer, 2018.
- [47] J. Tierny and H. Carr. Jacobi fiber surfaces for bivariate Reeb space computation. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2016.
- [48] J. Tierny, J. Daniels, L. G. Nonato, V. Pascucci, and C. Silva. Interactive quadrangulation with Reeb atlases and connectivity textures. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics*, 2012.
- [49] J. Tierny, G. Favelier, J. A. Levine, C. Gueunet, and M. Michaux. The Topology ToolKit. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2017. <https://topology-tool-kit.github.io/>.
- [50] J. Tierny, D. Guenther, and V. Pascucci. Optimal general simplification of scalar fields on surfaces. In *Topological and Statistical Methods for Complex Data*. Springer, 2014.
- [51] J. Tierny, A. Gyulassy, E. Simon, and V. Pascucci. Loop surgery for volumetric meshes: Reeb graphs reduced to contour trees. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2009.
- [52] J. Tierny and V. Pascucci. Generalized topological simplification of scalar fields on surfaces. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2012.
- [53] J. Vidal, J. Budin, and J. Tierny. Progressive Wasserstein Barycenters of Persistence Diagrams. *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics (Proc. of IEEE VIS)*, 2019.
- [54] J. Vidal and J. Tierny. Fast Approximation of Persistence Diagrams with Guarantees. In *IEEE Symposium on Large Data Analysis and Visualization*, 2021.
- [55] A. Vintescu, F. Dupont, G. Lavoué, P. Memari, and J. Tierny. Conformal factor persistence for fast hierarchical cone extraction. In *Eurographics (short papers)*, 2017.
- [56] Wikipedia. Kitware Inc. <https://en.wikipedia.org/wiki/Kitware>.