

Conclusion

Le tatouage des objets surfaciques 3D, s'il a été rendu nécessaire par le développement de leurs applications et la baisse de leur coût de transmission, n'en souffre pas moins encore de l'absence d'une théorie du traitement numérique de la géométrie analogue à celle du traitement du signal. Comme pour les autres types de données multimédia, les besoins existent pourtant, et varient de la protection des droits et de la copie (tatouage robuste), à l'authentification et l'intégrité (tatouage fragile).

Notre travail s'est donc organisé autour de deux axes : le tatouage fragile par invariants géométriques à des fins d'authentification, voire d'intégrité, et le tatouage dans l'espace de décomposition spectrale de la géométrie pour des applications de type protection des droits. Tout au long de nos développements, nous avons surtout cherché à proposer un cadre de travail qui, partant des contraintes liées à la structure même des objets 3D, permette aux tatoueurs de “retrouver leurs sensations” dans ce nouveau contexte parfois si déroutant. Nous espérons nous être acquittés correctement de cette tâche dans la première partie de notre travail, et regrettons que la décomposition spectrale se soit montrée si retorse dans la seconde partie. Nous concluons ce travail autour de chacun des deux thèmes que nous avons abordés.

Tatouage fragile par invariants

En tatouage fragile par invariants, nous avons clairement séparé ce qui relève des prérogatives des tatoueurs (la technique d'écriture de l'information cachée), de celles des algorithmiciens (le parcours du maillage). Ainsi, nous avons pu proposer une méthode de tatouage fragile qui, à notre connaissance, est la seule à permettre d'appréhender correctement nombre de concepts communs en tatouage : plus petite quantité de média protégée, seuil de fausse alarme, sécurité des clefs employées pour dissimuler le message, et classe de robustesse.

Sans doute la suite logique de cette partie serait-elle la mise au point d'une méthode de vérification de l'intégrité, comprise en complément de notre méthode pour l'authentification, ou encore l'étude de la robustesse face au codage de source (afin d'étendre la classe de robustesse à des méthodes de compression avec pertes). En outre, notre méthode a l'avantage d'être purement analytique là où les autres doivent recourir à une heuristique locale [82]. C'est, croyons-nous, une bonne propriété de notre méthode, qu'il faudrait chercher à préserver : la caractérisation fine de grandeurs comme la longueur de clé utilisée ou la robustesse face à la quantification des coordonnées en dépend.

Tatouage dans l'espace de la décomposition spectrale

L'implantation d'une méthode de décomposition spectrale s'est révélée en pratique beaucoup plus ardue que prévu. Au moins les difficultés que nous avons souhaité mettre en lumière illustrent-elles les points d'achoppement d'une telle approche : ne pouvant diagonaliser rapidement la matrice laplacienne d'un grand maillage, nous avons été confrontés au problème de la partition de tels maillages. Une grande partie de ce travail a visé à pallier les inconvénients de la partition, tout en satisfaisant l'exigence d'un temps de calcul acceptable. En introduisant un recouvrement entre les partitions, nous avons dégagé un degré de liberté supplémentaire qui permet de réduire les artefacts aux frontières des partitions. Nous avons montré quels avantages la transmission progressive pouvait en tirer.

Nous avons pu ainsi caractériser un espace de tatouage, fondé sur des bases fixes de décomposition de la géométrie, qui autorise une robustesse naturelle plus importante que l'approche par invariants face aux attaques géométriques. Toutefois, toutes les méthodes actuelles de tatouage se voulant robustes ne sont pas aveugles, et nécessitent un recalage sur l'objet original. Cette contrainte est, à notre sens, trop forte pour le cadre applicatif visé. C'est la raison pour laquelle nous avons cherché à caractériser les performances de notre méthode de tatouage face à des attaques uniquement géométriques, et en aveugle. Nous pensons que le développement d'une méthode de tatouage dans l'espace de décomposition spectrale de la géométrie, à la condition qu'elle repose sur des partitions fondées sur le contenu de l'objet, est prometteur. Puisse ce travail éclairer la lanterne de ceux qui suivront cette voie, davantage que nous ne l'avons été.

Perspectives

En tatouage fragile, les perspectives ouvertes par notre travail portent essentiellement sur l'intégrité et la robustesse face à la quantification. Il s'agit d'extensions de notre schéma qui ne remettent pas en cause ce que nous avons fait. En effet, on peut conserver tout à fait le cadre de travail que nous avons proposé pour mener à bien ces développements : l'intégrité gagnerait à être mise en évidence par des techniques de morphologie mathématique, et notre procédé analytique d'inscription de l'information cachée autorise le calcul de bornes sur la tolérance de notre schéma face à la quantification des coordonnées.

Cependant, il n'en va pas de même en tatouage dans l'espace de la décomposition spectrale de la géométrie. En effet, le développement d'une méthode de tatouage robuste (aux modifications de la connexité) *et aveugle* reste le grand défi à relever. A notre sens, il faudra pour cela privilégier une approche fondée sur l'analyse du contenu de l'objet. Un tel travail pourra par exemple prendre [53] comme point de départ afin de dégager les caractéristiques sémantiques de l'objet (lignes de crête, etc.) La manipulation des coefficients de la décomposition spectrale de la géométrie interviendrait après ce premier travail de synchronisation sur les caractéristiques sémantiques de l'objet.

Publications

Tatouage par invariants

- F. Cayre & B. Macq, “Spatial watermarking with 3D triangle meshes”, SPIE 46th annual meeting, San Diego, CA, Août 2001.
- F. Cayre & B. Macq, “Data hiding in 3D triangle meshes”, IEEE Transactions on Signal Processing, Vol. 51, Issue 4, pp. 939–949, Avril 2003.
- F. Cayre, F. Schmitt & H. Maître, “Tatouage fragile d’objets 3D triangulés”, Colloque GRETSI, Paris, Septembre 2003.

Tatouage spectral

- F. Cayre, P. Rondao-Alface, F. Schmitt & H. Maître, “Compression and watermarking of 3D triangle meshes”, SPIE 47th annual meeting, Seattle, WA, Juillet 2002.
- F. Cayre, P. Rondao-Alface, F. Schmitt, B. Macq & H. Maître, “Application of spectral decomposition towards compression and watermarking of 3D triangle mesh geometry”, Allerton Conference, Urbana-Champaign, IL, Octobre 2002.
- F. Cayre, P. Rondao-Alface, F. Schmitt & H. Maître, “Application of spectral decomposition to compression and watermarking of 3D triangle mesh geometry”, Signal Processing : Image Communications, 18(4), pp. 309–319, Avril 2003.

Autres

- F. Cayre & F. Davoine, “Vers un tatouage d’images mou”, Traitement du Signal, 18(4), 2001.
- J. Vorbrüggen & F. Cayre, “The CERTIMARK benchmark : architecture and future perspectives”, Proc. IEEE Conference on Multimedia and Expo ICME’02, Lausanne, Vol. 2, pp. 485–488, Août 2002.
- P. Rondao-Alface, B. Macq, F. Cayre, F. Schmitt & H. Maître, “Lapped spectral decomposition for 3D triangle meshes compression”, IEEE Intl. Conf. on Image Processing ICIP’03, Barcelone, Octobre 2003.

En cours

- Chapitre de livre en français sur le tatouage, sous la direction de Franck Davoine et Stéphane Pâteux.
- F. Cayre, O. Devillers, F. Schmitt & H. Maître, “A new framework for fragile watermarking of 3D triangle meshes with geometrical invariants”.

Bibliographie

- [1] R.K. AHUJA, T.L. MAGNANTI, et J.B. ORLIN. *Network flows : theory, algorithms and applications*. Prentice Hall, 1993.
- [2] P. ALLIEZ, D. COHEN-STEINER, O. DEVILLERS, B. LEVY, et M. DESBRUN. Anisotropic polygonal remeshing. Dans *ACM Trans. Graphics, Special issue for SIGGRAPH conference*, 2003. to appear.
- [3] P. ALLIEZ, É. COLIN de VERDIÈRE, O. DEVILLERS, et M. ISENBURG. Isotropic surface remeshing. Dans *Proc. Shape Modelling International*, pages 49–58, 2003.
- [4] P. ALLIEZ et M. DESBRUN. Progressive compression for lossless transmission of triangle meshes. Dans *Proceedings of SIGGRAPH 2001*, pages 198–205, 2001.
- [5] P. ALLIEZ, M. MEYER, et M. DESBRUN. Interactive geometry remeshing. *ACM Transactions on Graphics*, pages 347–354, 2002. SIGGRAPH '02 Conference Proceedings.
- [6] M. BEN-CHEN et C. GOTSMAN. On the optimality of spectral compression of mesh geometry. Preprint 2003, <http://www.cs.technion.ac.il/gotsman/publications.html>.
- [7] O. BENEDENS. Geometry-based watermarking of 3d models. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 19(1) :46–55, Jan 1999.
- [8] O. BENEDENS. Two high capacity methods for embedding public watermarks into 3d polygonal models. Dans *Proceedings of ACM Multimedia*, pages 95–99, 1999.
- [9] O. BENEDENS et C. BUSCH. Towards blind detection of robust watermarks in polygonal models. Dans *Proceedings of EUROGRAPHICS*, volume 19, pages 199–208, 2000.
- [10] P.J. BESL et N.D. MCKAY. A method for registration of 3d shapes. *IEEE Trans. Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 14(2) :239–256, 1992.
- [11] J.-D. BOISSONNAT et M. YVINEC. *Géométrie Algorithmique*. Éditions international, 1995.
- [12] M. BOTSCH et L. KOBELT. Resampling feature and blend regions in polygonal meshes for surface anti-aliasing. Dans *Proc. Eurographics*, pages 402–410, 2001.
- [13] M.P. Do CARMO. *Riemannian Geometry*. Prentice Hall, Inc., 1992.
- [14] E. CATMULL et J. CLARK. Recursively generated b-splines surfaces on arbitrary topological meshes. *Computer Aided Design*, 10(6) :350–355, 1978.
- [15] Y. CHEN et G. MEDIONI. Object modeling by registration of multiple range images. *Image Vision Comput.*, 10(3) :145–155, 1992.
- [16] M. CHOW. Optimized geometry compression for real-time rendering. *IEEE Visualization*, pages 347–354, 1997.

- [17] T. CORMEN, C. LEISERSON, et R. RIVEST. *Introduction à l'algorithmique*. Dunod, 1994.
- [18] M. COSTA. Writing on dirty papers. *IEEE Trans. on Information Theory*, 29(3), 1983.
- [19] M. DEERING. Geometry compression. Dans *Proc. SIGGRAPH 95*, pages 13–22, 1995.
- [20] N. DYN, D. LEVIN, et J.A. GREGORY. A butterfly subdivision scheme for surface interpolation with tension control. Dans *Proc. ACM Trans. Graphics*, volume 9 :2, pages 160–169, 1990.
- [21] M. ECK, T. DEROSE, T. DUCHAMP, H. HOPPE, M. LOUNSBERRY, et W. STUETZLE. Multiresolution analysis of arbitrary meshes. *Computer Graphics*, 29 :173–182, 1995.
- [22] J. EELLS et L. LEMAIRE. Another report on harmonic maps. *Bull. London Math. Soc.*, 20 :385–524, 1988.
- [23] J. EELLS et J.H. SAMPSON. Harmonic mappings of riemannian manifolds. *Amer. J. Math.*, 86 :109–160, 1964.
- [24] J. ERICKSON et S. HAR-PELED. Optimally cutting a surface into a disk. Dans *Proc. 18th Annual Symposium on Comput. Geom.*, pages 244–253, 2002.
- [25] G. FARIN. *Curves and surfaces for CAGD : a practical guide*. Academic Press, fourth edition édition, 1996.
- [26] O. FAUGERAS. The representation, recognition, and locating of 3d objects. *Int. J. Robotic Res.*, 5(3) :27–52, 1986.
- [27] O. FAUGERAS. *Three-Dimensional Computer Vision*. MIT Press, 1993.
- [28] M. FLOATER. Parameterization and smooth approximation of surface triangulations. Dans *Computer Aided Geometric Design*, volume 14, pages 231–250, 1997.
- [29] L.R. FORD et D.R. FULKERSON. *Flows in networks*. Princeton university press, 1963.
- [30] T. FURON, I. VENTURINI, et P. DUHAMEL. Unified approach of asymmetric watermarking schemes. Dans *Proc. SPIE Security and Watermarking of Multimedia Contents III*, volume 4314, pages 269–279, 2001. San Jose, CA.
- [31] M. GARLAND et P. HECKBERT. Surface simplification using quadric error metrics. Dans *Proceedings of SIGGRAPH*, pages 209–216, 1997.
- [32] S. GUMHOLD et W. STRASSER. Real-time compression of triangle mesh connectivity. Dans *Proc. SIGGRAPH*, pages 133–140, 1998.
- [33] A. GUÉZIEC, F. BOSSEN, G. TAUBIN, et C. SILVA. Efficient compression of non-manifold polygonal meshes. Dans *Proc. IEEE Visualization*, pages 73–80, 1999.
- [34] A. GUÉZIEC, G. TAUBIN, F. LAZARUS, et W. HORN. Cutting and stitching : Converting sets of polygons to manifold. *IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics*, 7(2) :136–151, Apr-Jun 2001.
- [35] T. HARTE et A.G. BORS. Watermarking 3d models. Dans *Proc. of Int. Conf. on Image Processing (ICIP)*, volume 3, pages 661–664, Rochester, NY, USA, Sept 2002.
- [36] C. HERNANDEZ et F. SCHMITT. Multi-stereo 3d object reconstruction. Dans *Proc. 1st Intl. Symposium on 3D Data Processing Visualization and Transmission (3DPVT)*, 2002.

-
- [37] H. HOPPE. Progressive meshes. Dans *Proceedings of SIGGRAPH*, pages 99–108, 1996.
- [38] H. HOPPE, T. DEROSE, T. DUCHAMP, J. McDONALD, et W. STUETZLE. Mesh optimization. Dans *Proc. SIGGRAPH*, pages 19–26, 1993.
- [39] D.A. HUFFMAN. A method for the construction of minimum-redundancy codes. *Inst. Radio Engineering*, pages 1098–1101, 1952.
- [40] M. ISENBURG, S. GUMHOLD, et C. GOTSMAN. Connectivity shapes. Dans *Proc. Visualization'01 Conference*, pages 135–142, 2001.
- [41] R. JONKER et A. VOGENANT. A shortest augmenting path algorithm for dense and sparse linear assignment problems. *Computing*, 38 :325–340, 1987.
- [42] Z. KARNI et C. GOTSMAN. Spectral compression of mesh geometry. Dans *Proceedings of SIGGRAPH*, pages 279–286, 2000.
- [43] Z. KARNI et C. GOTSMAN. 3d mesh compression using fixed spectral bases. Dans *Proceedings of Graphics Interface*, pages 1–8, Jun 2001.
- [44] G. KARYPIS et V. KUMAR. Metis : A software package for partitioning unstructured graphs, partitioning meshes and computing fill-reducing orderings of sparse matrices. Rapport technique, Univ. of Minnesota, Dpt. of Computer Science, 1998.
- [45] A. KHODAKOVSKY, P. ALLIEZ, M. DESBRUN, et P. SCHRÖDER. Near-optimal connectivity encoding of 2-manifold polygon meshes. *Journal of Graphical Models/special issue*, 64(3-4) :147–168, 2002.
- [46] L. KOBBELT. Interpolatory subdivision on open quadrilateral nets with arbitrary topology. Dans *Proc. Eurographics*, pages 409–420, 1996.
- [47] L. KOBBELT, J. VORSATZ, U. LABSIK, et H.-P. SEIDEL. A shrink wrapping approach to remeshing polygonal surfaces. Dans *Proc. Eurographics*, pages 119–130, 1999.
- [48] F. LAZARUS, M. POCCHIOLA, G. VEGER, et A. VERROUST. Computing a canonical polygonal schema of an orientable triangulated surface. Dans *Proc. 7th Annual ACM Symposium on Computational Geometry*, pages 80–89, 2001.
- [49] T. LINDEBERGH. Scale-space for discrete signals. *IEEE Trans. on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 12(3) :234–254, March 1990.
- [50] C. LOOP. Smooth subdivision surfaces based on triangles. Mémoire de D.E.A., Dept. of Mathematics, Univ. Utah, 1987.
- [51] W. LORENSON et H. CLINE. Marching cubes : a high resolution 3d surface construction algorithm. Dans *Proc. SIGGRAPH*, pages 163–169, 1987.
- [52] M. LOUNSBERY. *Multiresolution analysis for surfaces of arbitrary topological type*. Thèse de doctorat, Dpt. Computer Science and Engineering, Univ. of Washington, 1994.
- [53] B. LÉVY, S. PETITJEAN, N. RAY, et J. MAILLOT. Least squares conformal maps for automatic texture atlas generation. Dans *Proc. SIGGRAPH*, volume 21, pages 362–371, 2002.
- [54] F.E. NICODEMUS, J.C. RICHMOND, et J.J. HSIA. Geometrical considerations and nomenclature for reflectance. Rapport technique, National Bureau of Standards, monograph 160, 1977.

- [55] G.M. NIELSON et T.A. FOLEY. *Mathematical methods in computer aided geometric design*, chapitre A survey of applications of an affine invariant norm, pages 445–467. Academic Press, Boston, 1989.
- [56] R. OHBUCHI, H. MASUDA, et M. AONO. Watermarking three-dimensional polygonal models. Dans *Proceedings of ACM International Conference on Multimedia*, pages 261–272, Nov 1997.
- [57] R. OHBUCHI, H. MASUDA, et M. AONO. A shape-preserving data embedding algorithm for nurbs curves and surfaces. Dans *Proceedings of Computer Graphics International*, pages 170–177, Jun 1999.
- [58] R. OHBUCHI, S. TAKAHASHI, T. MIYAZAWA, et A. MUKAYIAMA. Watermarking 3d polygonal meshes in the mesh spectral domain. Dans *Proceedings of Graphics Interface*, pages 9–17, Jun 2001.
- [59] S. PEREIRA, J. Ò RUNAIDH, et T. PUN. Secure robust digital watermarking using the lapped orthogonal transform. Dans *Proc. SPIE Electronic Imaging*, pages 11–30, San Diego, 1999.
- [60] B. PESQUET-POPESCU et J.-C. PESQUET. *Le traitement des images*, chapitre Ondelettes et traitement d’images. Hermès/IC2, 2003.
- [61] U. PINKALL et K. POLTHIER. Computing discrete minimal surfaces. *Experimental mathematics*, 2(2) :15–36, 1993.
- [62] E. PRAUN, H. HOPPE, et A. FINKELSTEIN. Robust mesh watermarking. Dans *Proceedings of SIGGRAPH*, pages 49–56, 1999.
- [63] R. PURI, K. RAMCHANDRAN, et S.S. PRADHAN. On seamless digital upgrade of analog transmission systems using coding with side information. Dans *Proc. Allerton Conf. on Communication, Control and Computing*, Allerton, IL, Oct. 2002.
- [64] J. ROSSIGNAC. Edgebreaker : connectivity compression for triangle meshes. *IEEE Trans. on Visualization and Computer Graphics*, 1(5) :47–61, 1998.
- [65] S. SCHECHTER, R. GREENSTADT, et M. SMITH. Trusted computing, peer-to-peer distribution, and the economics of pirated entertainment. *2nd Workshop on economics and information security, College Park, MD, 2003*, 2003.
- [66] P. SCHRÖDER et D. ZORIN. *Subdivision for modeling and animation*. SIGGRAPH 1996 Course Notes.
- [67] L. SCHUMAKER. Triangulations in cagd. *IEEE Computer Graphics and Applications*, pages 47–52, 1993.
- [68] J.A. SCOTT. An arnoldi code for computing selected eigenvalues of sparse, real, unsymmetric matrices. *ACM Trans. on Mathematical Software*, 21(4) :432–475, 1995.
- [69] G. SIMMONS. The history of subliminal channels. *IEEE Journal on Selected Area in Communications*, 16(4) :452–462, 1998.
- [70] G. SIMMONS. Results concerning the bandwidth of subliminal channels. *IEEE Journal on Selected Area in Communications*, 16(4) :463–473, 1998.
- [71] G. TAUBIN. A signal processing approach to fair surface design. Dans *Proceedings of SIGGRAPH*, pages 351–358, 1995.

-
- [72] G. TAUBIN et J. ROSSIGNAC. Geometric compression through topological surgery. Dans *ACM Transactions on Graphics*, volume 17(2), pages 84–115, Apr 1998.
 - [73] C. TOUMA et C. GOTSMAN. Triangle mesh compression. Dans *Proceedings of Graphics Interface*, pages 26–34, 1998.
 - [74] G. TURK. Re-tiling polygonal surfaces. Dans *Proc. ACM SIGGRAPH*, pages 55–64, 1992.
 - [75] W.T. TUTTE. How to draw a graph. Dans *Proceedings of the London Mathematical Society*, volume 10, pages 304–332, 1960.
 - [76] S. VALETTE, H.-Y. KIM, H.-Y. YUNG, I. MAGNIN, et R. PROST. A multiresolution wavelet scheme for irregularly subdivided 3d triangular mesh. Dans *Proc. of IEEE Intl. Conf. on Image Processing ICIP'99, Oct. 25-28, Kobe, Japan*, volume 1, pages 171–174, 1999.
 - [77] G. VEGTER et C.K. YAP. Computational complexity of combinatorial surfaces. Dans *Proc. 6th Annual ACM Symposium on Computational Geometry*, pages 102–111, 2000.
 - [78] J. VORSATZ, C. RÖSSL, L. KOBBELT, et H.-P. SEIDEL. Feature sensitive remeshing. Dans BLACKWELL, éditeur, *Computer Graphics Forum, Proc. Eurographics*, pages 393–401, 2001.
 - [79] M.G. WAGNER. Robust watermarking of polygonal meshes. Dans *Proceedings of Geometric modeling & processing*, pages 201–208, Hong-Kong, 2000.
 - [80] K. WEILER. *Geometric Modelling for CAD applications*. North Holland, 1988. The Radial-Edge Structure : A Topological Representation for Non-Manifold Geometric Boundary Representations.
 - [81] A.P. WITKIN. Scale-space filtering. Dans *Proc. 8th Intl. Joint Conference on Artificial Intelligence (IJCAI), Karlsruhe, Germany*, pages 1019–1022, 1983.
 - [82] B.-L. YEO et M.M. YEUNG. Watermarking 3d objects for verification. *IEEE Computer Graphics and Applications*, 19(1) :46–55, 1999.
 - [83] D. ZORIN, P. SCHRÖDER, et W. SWELDENS. Interpolating subdivision for meshes with arbitrary topology. Dans *Proc. SIGGRAPH*, pages 189–192, 1996.

Résumé

Les méthodes de tatouage actuelles pour les maillages surfaciques 3D sont essentiellement le fait de la communauté CAO, et sont assez peu adaptées à une étude en termes de tatouage. Dans un premier temps, nous avons abordé dans ce travail le tatouage par invariants géométriques, dédié aux applications de tatouage fragile. Dans un deuxième temps, nous avons utilisé l'espace de la décomposition spectrale de la géométrie afin d'y enfouir une marque que nous voulons robuste face à la quantification des coefficients spectraux.

En tatouage fragile, nous proposons notamment une approche flexible et modulaire permettant l'analyse fine, d'un point de vue du tatouage, des performances de notre méthode (classe de robustesse, probabilité de fausse alarme, etc.) Les applications visées par cette approche concernent tant la stéganographie que l'intégrité ou l'authentification des maillages. Nous décrivons une méthode de tatouage fragile pour l'authentification construite avec les modules que nous présentons.

Le tatouage dans l'espace de la décomposition spectrale de la géométrie, à travers son étude face à la compression géométrique spectrale, implique le développement d'un codeur de source géométrique spectral. Nous étudions les difficultés liées à l'implantation d'une telle décomposition, tant pour le codage de source que pour le tatouage. Nous terminons en montrant que notre schéma de tatouage se révèle robuste face à la compression géométrique spectrale.

Mots-clés: Tatouage, surface maillée 3D, invariant géométrique, décomposition spectrale

Abstract

Nowadays' watermarking methods for 3D meshes generally arise from the CAD community. A thorough study of their watermarking performances are generally not easily tractable. In the first part of this work, we investigate watermarking with geometric invariant towards fragile watermarking purposes. In the second part, we deal with spectral decomposition of the geometry towards robust watermarking against spectral compression.

Within the fragile watermarking framework, we propose a flexible and modular approach that enables precise analysis of watermarking performances (robustness, false alarm, etc.) Applications concerned by our technique range from steganography and integrity to authentication of meshes. We describe a watermarking algorithm for authentication based on our building blocks.

Spectral decomposition is an interesting new research line for geometry compression. We aimed at developing both a spectral geometry coder and a watermarking scheme in the mesh spectral domain. We study the difficulties that arise when implementing such a spectral decomposition, for compression and watermarking. Our work ends with the evidence of our watermarking scheme's robustness against spectral compression.

Keywords: Watermarking, 3D mesh, geometric invariant, geometry spectral decomposition

