

Décomposition multi-échelles de maillages 3D hexaédriques dans le domaine des géosciences. Étude des performances en compression sans pertes.

Lauriane Bouard, Laurent Duval, Frédéric Payan, Marc Antonini

► **To cite this version:**

Lauriane Bouard, Laurent Duval, Frédéric Payan, Marc Antonini. Décomposition multi-échelles de maillages 3D hexaédriques dans le domaine des géosciences. Étude des performances en compression sans pertes.. COMpression et REpresentation des Signaux Audiovisuels, Nov 2018, Poitier, France. <hal-01900954>

HAL Id: hal-01900954

<https://hal-ifp.archives-ouvertes.fr/hal-01900954>

Submitted on 24 Oct 2018

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



Titre :

Décomposition multi-échelles de maillages 3D hexaédriques dans le domaine des géosciences.
Étude des performances en compression sans pertes.

Auteurs :

BOUARD Lauriane, DUVAL Laurent, PAYAN Frédéric, ANTONINI Marc

Résumé :

Des méthodes de simulation employant des maillages sont mises en œuvre dans de nombreux champs scientifiques pour caractériser des phénomènes physiques sous-jacents. Les besoins croissants en précision induisent l'utilisation de maillages toujours plus volumineux, et entraînent des problèmes de visualisation, de manipulation ou de stockage des données. En géosciences, d'immenses zones géologiques sont modélisées par des maillages hexaédriques géométriquement complexes, émulant des propriétés physiques du sous-sol. En combinant différents types d'ondelettes classiques ou morphologiques qui préservent les discontinuités, HexaShrink (HS) apporte à cette problématique une solution multi-échelle cohérente. Dans cet article, nous analysons les performances de compression de HS, par l'étude exhaustive de sept maillages hétérogènes. Globalement, les taux de compression accrus, obtenus grâce à la décomposition, sont satisfaisants. Néanmoins, l'analyse distincte des différentes composantes définissant les maillages (géométrie, propriétés) révèle que l'utilisation d'encodeurs génériques n'est pas toujours optimale, ouvrant des perspectives vers des encodeurs multi-échelles plus à même d'exploiter les structures intrinsèques des niveaux de détail.

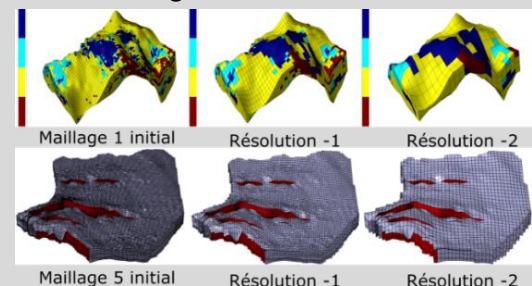
Mots-clefs :

compression, décomposition multi-échelle, maillages volumiques, ondelettes, simulation

Contexte et état de l'art :

Les simulations scientifiques utilisent des maillages de tailles croissantes [1], compliquant leur visualisation, leur transfert, ainsi que leur stockage. HS [2] propose une solution de décomposition multi-échelle pour les maillages hexaédriques utilisés en géosciences (*Corner Point Grid*), qui intègrent des discontinuités (cf. *figure, maillage 5 faillé, surfaces rouges*). De plus, de nombreuses propriétés physiques sont généralement associées à chaque cellule hexaédrique, composantes qu'il faut traiter en parallèle de la géométrie.

Pour chacune une ondelette adaptée génère une structure à différentes résolutions incluant approximations et détails, tout en préservant l'aspect visuel des discontinuités (cf. *figure*). Ce processus complètement réversible [3] traite de façon cohérente la géométrie et les différents types de propriétés : activité, variables physiques continues et catégorielles. Des travaux antérieurs ont démontré un potentiel initial de HS pour la compression sans perte de ces maillages [3].



Travail proposé :

Nous présentons ici une étude exhaustive des performances en compression de HS associé à différents encodeurs génériques (gzip, bzip2, LZMA), dont l'objectif est d'en optimiser l'efficacité. Les maillages pouvant avoir des propriétés diverses, nous étudions un panel représentatif de 7 maillages hétérogènes aux dimensions et complexités variables. Dans un premier temps, le calcul des gains de compression pour chaque résolution de maillage évalue les performances globales de HS associé à un encodage sans perte. Dans un second temps les résultats sont détaillés pour chaque composante du maillage, afin d'évaluer l'efficacité relative des méthodes de chacune. Dans un format *Corner Point Grid* on considère 5 types d'objets. Les piliers (PILLAR), associés à des coordonnées de profondeur (ZCORN), constituent la géométrie du maillage. Des attributs associés aux cellules définissent les propriétés physiques du maillage — continues (CONTI) ou catégorielles (CATEG) — ainsi qu'une propriété booléenne d'activation des cellules (ACTNUM).

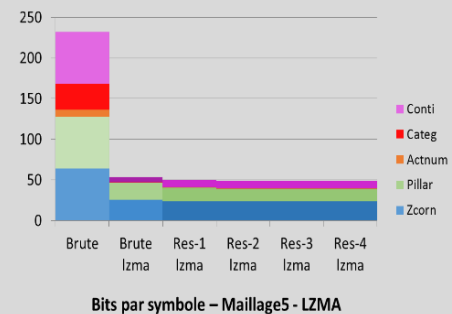
Résultats :

#	Caractéristiques			Taux de compression					
	Hexaèdres	Failles	Taille du fichier	gzip		bzip2		LZMA	
				Direct	HS	Direct	HS	Direct	HS
1	493 600	Non	4,62 MB	3,73	5,67	4,98	6,13	6,43	7,44
2	1 000 000	Non	42,46 MB	3,23	7,58	8,41	13,03	10,12	13,35
3	36 816	Oui	1,46 MB	2,67	4,05	2,99	4,93	3,63	5,48
4	210 000	Oui	7,88 MB	1,83	2,76	1,89	3,23	2,21	3,65
5	450 576	Oui	22,73 MB	2,46	3,26	2,55	2,92	3,33	3,81
6	5 577 325	Oui	274,57 MB	2,31	4,24	2,25	4,68	3,04	5,73
7	13 947 600	Oui	580,94 MB	3,20	6,72	5,98	10,12	12,52	10,23

Le taux de compression global d'un maillage correspond au rapport de sa taille initiale divisée par la taille de ce même maillage encodé directement ou après décomposition par HS. On constate un gain dû à la décomposition en ondelettes par HS quel que soit l'encodeur utilisé (*voir tableau*). Prenons l'exemple du maillage 5 pour illustrer nos propos, avec un encodeur gzip : le taux de compression augmente de 2,46 à 3,26. Le gain est d'autant plus grand que l'encodeur est récent : le taux de compression avec un encodeur LZMA passe de 3,33 pour une donnée brute à 3,81 pour une donnée décomposée.

Au-delà de la performance globale, et afin d'améliorer notre méthode, on s'intéresse maintenant aux détails des performances pour chaque composante du maillage. L'histogramme ci-dessous présente pour chacune d'elles le nombre de bits moyen nécessaire pour coder une de ses valeurs. La donnée géométrique représente 3/4 de la taille du maillage, la compression de cette composante a donc un énorme impact sur le résultat final. Par exemple, une coordonnée de profondeur (ZCORN) est initialement codée sur 65 bits.

LZMA réduit ce nombre à 19 bits, et descend jusqu'à 16 bits si on utilise HS avec deux niveaux de décomposition. Au-delà de deux niveaux de décomposition les tests montrent que les gains de compression deviennent négligeables. Cependant malgré de bons taux de compression et l'aspect multi-échelle d'HS, les encodeurs génériques testés n'exploitent pas les redondances inter-échelles. Ainsi pour une propriété continue (CONTI), LZMA ne tire pas bénéfice de la décomposition d'HS : leur association augmente le nombre de bits par valeur (comparé à l'utilisation seule de l'encodeur).



Conclusion et perspectives :

Cette étude réalise un *benchmark* de compression de maillages hexaédriques hétérogènes issus des géosciences. La décomposition multi-échelles que propose HexaShrink devient un outil de compression de maillages efficace, associée à des encodeurs génériques sans perte récents, avec des taux de compression significatifs. Cependant, l'étude détaillée des performances sur chaque composante des maillages révèle une disparité dans la compressibilité. L'efficacité d'un encodeur générique peut en effet être impactée par la décomposition et la décorrélation des données. Cette observation oriente notre travail ultérieur vers l'usage d'encodeurs multi-échelles, plus à même d'exploiter les structures intrinsèques des données, et les corrélations entre différents coefficients [4]. Cette étude confirme donc l'intérêt multi-échelle de HS et ouvre de nouvelles pistes de recherche selon les propriétés.

Références:

- [1] K.-A. Lie *et al.* Successful application of multiscale methods in a real reservoir simulator environment. *Computat. Geosci.*, Dec. 2017.
- [2] J.-L. Peyrot *et al.* (H)exaShrink: Multiresolution compression of large structured hexahedral meshes with discontinuities in geosciences. *IEEE ICIP*, Sep. 2016.
- [3] J.-L. Peyrot *et al.* HexaShrink, an exact scalable framework for hexahedral meshes with attributes and discontinuities: multiresolution rendering and storage of geoscience models. Submitted, Sep. 2018.
- [4] P. N. Topiwala, editor. *Wavelet image and video compression*. Kluwer Academic, 1998.
- [5] A. Said and W. A. Pearlman. A new, fast, and efficient image codec based on set partitioning in hierarchical trees. *IEEE Trans. CSVT*, Jun. 1996.