



**HAL**  
open science

## Nouvelles métriques pour la caractérisation de la géométrie et de la topologie des karsts

Pauline Collon, Philippe Renard, David Bernasconi, Cécile Vuilleumier

### ► To cite this version:

Pauline Collon, Philippe Renard, David Bernasconi, Cécile Vuilleumier. Nouvelles métriques pour la caractérisation de la géométrie et de la topologie des karsts. Journées du Karst 2017 - Workshop Karsts et Bassins Sédimentaires, Aug 2017, Alès, France. hal-01615506

**HAL Id: hal-01615506**

**<https://hal.univ-lorraine.fr/hal-01615506v1>**

Submitted on 12 Oct 2017

**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.

## Nouvelles métriques pour la caractérisation de la géométrie et de la topologie des karsts

Pauline Collon(1\*), Philippe Renard(2), David Bernasconi(2) et Cécile Vuilleumier(1,2)

(1) GeoRessources UMR7359, Université de Lorraine - CNRS - CREGU  
ENSG, 2 rue du doyen Marcel Roubault, BP10162, 54505 Vandœuvre-lès-Nancy Cedex,  
France.

(2) CHYN, Rue Emile-Argand 11, 2000 Neuchâtel, Suisse

\*Auteur correspondant: pauline.collon@univ-lorraine.fr

La caractérisation des systèmes karstiques n'est pas une problématique récente (p. ex. Curl, 1966; Howard, 1971; Williams and Williams, 1972) et s'est développée en parallèle d'études des systèmes fluviaux actuels (p. ex. Horton, 1945; Scheidegger, 1966; Woldenberg, 1966; Scheidegger, 1967; Smart, 1969; Howard et al., 1970). Cependant, les moyens techniques alors disponibles ont limité ces travaux aux projections cartographiques, donc à un report en 2 dimensions d'un objet géologique pourtant organisé en 3 dimensions (Howard, 1971). L'émergence, depuis une dizaine d'années, de nouvelles technologies d'investigation facilite l'acquisition, le stockage et le partage de données 3D. On assiste de ce fait à un renouveau d'intérêt pour la caractérisation des systèmes karstiques (Pardo-Iguzquiza et al., 2011; Piccini, 2011; Fournillon et al., 2012). Néanmoins, la plupart de ces études mettent l'accent sur la géométrie des conduits karstiques, et sont généralement illustrées par des applications à un, parfois deux réseaux réels.

Dans ce travail, nous proposons et discutons un ensemble de métriques destinées à caractériser la géométrie mais aussi la topologie des réseaux karstiques. Chacune d'elles est calculée sur une base de données rassemblant plus de 30 réseaux karstiques cartographiés par les spéléologues. Elle comprend certains des plus grands systèmes explorés et représente une grande variété d'environnements géologiques et spéléologiques. Ceci nous permet de tester les métriques proposées, d'estimer leur variabilité et de discuter de leur potentiel pour discriminer différentes morphologies karstiques.

Pour réaliser ces calculs, le karst est assimilé à un graphe, dont chaque nœud correspond à une station de mesure et chaque segment à une visée entre 2 stations. Un prétraitement des données est nécessaire pour garantir que la représentation numérique du karst est la plus juste possible. Les paramètres statistiques caractérisant la géométrie du système sont alors directement calculés sur ces graphes, tandis que les métriques topologiques sont calculées sur une version réduite du réseau centrée sur sa structure. Parmi les métriques testées, nous avons inclus certaines métriques « anciennes » comme la tortuosité ou les paramètres de Howard. Nous avons également investigué la possibilité d'utiliser de nouvelles métriques issues de la théorie des graphes. Au total, 21 métriques ont été introduites, discutées en détail et comparées à partir de cette base de données.

Ce travail a permis de montrer que l'analyse des orientations et, en particulier, leur entropie, peut aider à détecter l'existence de surfaces d'inception. Les statistiques sur les longueurs des branches sont utiles pour décrire l'extension des conduits au sein du réseau. De façon étonnante, la tortuosité ne varie pas de façon significative et semble être fortement influencée

par la méthode de levée. Le degré d'inter-connectivité du réseau, lié à la présence de cycles, peut être mesuré par différentes métriques comme les paramètres de Howard, le coefficient cyclique global ou le degré moyen des nœuds. Ce dernier, calculé sur le graphe réduit, s'avère la métrique la plus utile et la plus simple à calculer : elle permet à la fois de discriminer les réseaux interconnectés des réseaux purement arborescents, et de classer les réseaux arborescents selon le nombre total de branches. Cette information topologique est complétée par trois paramètres qui permettent d'affiner la description. Le degré de corrélation des nœuds est assez simple à obtenir. Il est positif sur l'ensemble des réseaux étudiés, indiquant une prédominance de réseaux assortatifs dans les systèmes karstiques. La longueur moyenne du plus court chemin est à relier à l'efficacité du transport au sein du réseau. Elle s'avère fortement corrélée à la taille du réseau. Pour finir, la dominance centrale des nœuds nous permet d'identifier une centralisation de l'organisation du réseau.

Les métriques retenues dans cette étude peuvent avoir deux types d'utilisation : (i) elles peuvent être intégrées comme variables de contrôle dans les processus de simulation ; ou (ii) elles peuvent servir à mettre au point un dispositif de validation du "réalisme" des réseaux simulés.

### Remerciements

Ce travail a été réalisé dans le cadre du projet RING à l'Université de Lorraine. Nous remercions pour leur soutien les sponsors industriels et académiques du Gocad Research Consortium géré par l'ASGA. Nous remercions également Paradigm pour l'accès au logiciel SKUA-GOCAD et à son API. Nous remercions enfin tous les spéléologues et les collègues qui nous ont permis de construire et de travailler sur cette base de données karstiques 3D : J. Bodin, J. Botazzi, J-P. Cassou, S. Jaillet, P-Y. Jeannin, T. Kincaid, E. Pardo-Iguzquiza, et Quintana Roo Speleological Survey.

### Références

- Curl, R. L. (1966). Caves as a measure of karst. *The Journal of Geology*, 74(5), 798–830.
- Fournillon, A., Abelard, S., Viseur, S., Arfib, B., & Borgomano, J. (2012). Characterization of karstic networks by automatic extraction of geometrical and topological parameters: comparison between observations and stochastic simulations. *Geological Society, London, Special Publications*, 370(1996), 247–264.
- Howard, A. D., Keetch, M. E., & Vincent, C. L. (1970). Topological and geometrical properties of braided patterns. *Water Resources Research*, 6(6), 1674–1688.
- Howard, A. D. (1971). Quantitative Measures of Caves Patterns. *Caves and Karst*, 13(1), 1–7.
- Pardo-Iguzquiza, E. ., Duran-Valseo, J. J. ., & Rodriguez-Galiano, V. . (2011). Morphometric analysis of three-dimensional networks of karst conduits. *Geomorphology*, 132(1-2), 17–28.
- Piccini, L. (2011). Recent Developments on morphometric analysis of karst caves. *Acta Carsologica*, 40(1), 43–52.
- Scheidegger, A. E. (1966). Statistical Description of River Networks. *Water Resources Research*, 2(4), 785–790.
- Scheidegger, A. E. (1967). On the Topology of River Nets. *Water Resources Research*, 3(1), 103–106.
- Smart, J. S. (1969). Topological Properties of Channel Networks. *Geological Society of America Bulletin*, 80, 1757–73.
- Williams, P. W., & Williams. (1972). Morphometric Analysis of Polygonal Karst in New Guinea. *Geological Society of America Bulletin*.
- Woldenberg, M. J. (1966). Horton's Laws Justified in Terms of Allometric Growth and Steady State in Open Systems. *Bulletin of Geological Society of America*, 77, 431–434.