

CONTINUUMS CARTOGRAPHIQUES POUR NAVIGUER ENTRE REALISME ET ABSTRACTION

Chronique d'une extension annoncée de l'espace des possibles cartographiques

par Charlotte Hoarau

*Institut national de l'information géographique et forestière
73 avenue de Paris 94165 Saint-Mandé Cedex
charlotte.hoarau@ign.fr*

Multiplication des modes de représentation

La multiplication des données géographiques et des modes de représentations met à la disposition des utilisateurs un panel toujours plus varié de cartes représentant le monde réel. En effet, les utilisateurs ont accès et visualisent de plus en plus de données hétérogènes en termes de nature d'information, de modélisation géométrique ou sémantique ou bien de temporalité. En conséquence, ces utilisateurs d'information géographique ont un besoin croissant d'applications de géovisualisation adaptées qui leur permettent de manipuler conjointement des données hétérogènes telles que des données vectorielles topographiques, des orthophotographies, des cartes anciennes, des modélisations numériques du terrain, des nuages de points lidar ou encore des données thématiques concernant le climat, l'environnement, la démographie, l'économie, etc.

Différentes approches émergent en termes de conception d'application de géovisualisation de données hétérogènes. D'une part, des travaux de recherche proposent un cadre théorique pour la conception de représentations hybrides du territoire. Des recommandations d'adaptation de principes de sémiologie cartographique sont proposées entre autres par (Bildirici et al. 1999, Donnay 2000, Albertz and Lehmann 2005). De plus, (Raposo et Brewer 2013, Murphy 2015) mettent en place des méthodes de symbolisation spécifiques à la conception de représentations hybrides présentant un fond orthophotographique. D'autre part, des outils de covisualisation sont mis en place pour juxtaposer, accoler, comparer différentes représentations

cartographiques. En particulier, des outils interactifs dédiés à la covisualisation d'information géographique sont proposés par (Trapp et Al. 2008, Pindat et Al. 2012), et comparés par (Lobo et Al. 2015).

Cependant, peu de travaux se concentrent sur la proposition d'une méthode permettant de parcourir de façon continue la distance graphique séparant deux représentations cartographiques différentes. C'est pourquoi, nous proposons une méthode de conception d'un continuum cartographique entre deux représentations. La partie 1 présente les principes fondamentaux de notre approche générale, la partie 2 décrit la dite méthode de conception, et la partie 3 présente un exemple d'application de notre méthode sur notre cas d'étude principal : la conception d'un continuum cartographique entre une carte topographique et une orthophotographie, que nous considérons comme les fonds de carte le plus souvent sollicités et combinés au sein des applications cartographiques en ligne existantes (Hoarau 2012).

Approche générale: représentations mixtes et intermédiaires

Nous définissons un continuum cartographique comme un ensemble de représentations mélangeant progressivement les propriétés visuelles de ses deux extrémités, dans l'esprit de (Medley et Haddad 2011). Ainsi, les représentations du continuum en construction sont à la fois intermédiaires (elles forment un chemin graphique continu entre les deux extrémités du continuum) et mixtes (elles présentent des propriétés visuelles issues de chacune des extrémités).

Dans le cadre de notre cas d'étude de conception d'un continuum entre une carte topographique et une orthophotographie, nous nous fondons sur les travaux de recherche en informatique graphique, cartographie et géovisualisation concernant le rendu et la perception du niveau de réalisme et d'abstraction d'une représentation. Ces travaux visent d'une part à comprendre la perception du niveau de réalisme et d'abstraction et son impact sur la compréhension de la carte (Wilkening et Fabrikant 2011, Boer et Al. 2013, Bernabé-Poveda et Coltekin 2014, Coltekin et Al. 2015) et d'autre part à proposer des méthodes de représentation plus ou moins naturelle, réaliste, stylisée, etc. du territoire (Patterson 2002, Patterson et Kelso 2004, Yu et al. 2011, Jenny et al. 2012, Semmo et al. 2013, Jenny et al. 2014, Jenny et al. 2015, Loi et al., 2015). Notre travail s'inscrit également dans la continuité des travaux proposant de créer et combiner plusieurs niveaux de réalisme ou d'abstraction au sein d'une même représentation cartographique (Trapp et Al. 2011, Bektas et Coltekin 2012, Semmo et al. 2012, Semmo et al. 2013, Biljecki et Al. 2013, Semmo et Döllner 2014, Bektas et Al. 2015).

La mise en place de notre méthode de conception d'un continuum cartographique est guidée par trois grands principes :

- la nécessité d'adapter localement des symbolisations en prenant en compte la diversité graphique des fonds de carte sur lequel elles sont superposées (notamment dans les cas de plus en plus fréquent d'utilisation d'un fond orthophotographique),
- le besoin de transitions graphiques continues entre représentations cartographiques intermédiaires pour créer un continuum de styles,
- la gestion de l'homogénéité visuelle au sein d'une représentation mixte mélangeant visuellement des données et symbolisations hétérogènes.

Méthode de conception d'un continuum cartographique

Les défis graphiques soulevés par les principes de notre approche nous invitent à proposer une méthode de conception composée d'un ensemble de briques élémentaires de symbolisation, qui sont présentées dans cette partie. En outre, nous décrivons brièvement un test utilisateur mis en place dans le cadre de la thèse, visant à évaluer le niveau de réalisme perçu pour différentes symbolisations cartographiques, dans le but de paramétrer les briques de symbolisation proposées pour concevoir un continuum cartographique.

Adaptation locale de la symbolisation

La diversité graphique des représentations cartographiques entre lesquelles nous souhaitons créer des continuums cartographiques implique de mettre en place une méthode d'adaptation locale des symbolisations. Cette méthode vise à assurer la lisibilité de tout objet cartographique superposé à un fond de carte donné, un aplat de couleur claire, un estompage coloré représentant le relief, ou encore une orthophotographie en couleur ou en noir et blanc. Pour prendre en compte le fond de carte localement autour de chaque objet à mettre en valeur, notre méthode se décompose en quatre étapes principales (Cf. figure 1) : un contexte graphique est tout d'abord défini localement autour de l'objet cartographique à mettre en valeur, puis la couleur principale de ce contexte graphique est caractérisée par classification de couleur comme dans (Christophe et Al. 2013), enfin une couleur contrastée à celle du contexte graphique est choisie, avant d'être appliquée au contour de l'objet cartographique traité.

L'étape de choix d'une couleur contrastée par rapport au contexte graphique pour chaque objet d'un même thème à mettre en valeur doit à la fois permettre la lisibilité des objets cartographiques ainsi symbolisés, préserver une unité perceptuelle au thème pour ne pas perturber la compréhension de la carte et garantir une intégration visuelle des objets au sein du fond de carte. En conséquence, nous préconisons d'utiliser un gris coloré dont la luminosité et la saturation sont identiques (et égales aux valeurs moyennes des couleurs du fond de carte) pour tous les objets du thème, et dont la teinte est égale au complémentaire de celle de son contexte graphique dans le système colorimétrique TSL.

Interpolation de symbolisation

Le besoin de transition graphique entre représentations cartographiques intermédiaires du continuum nous invite à interpoler les valeurs des paramètres de symbolisation pour les faire évoluer entre les deux styles des extrémités du continuum. Dans ce contexte, nous considérons comme extrémité possible à nos continuums des représentations cartographiques ayant des légendes cartographiques avec des thèmes cartographiques préalablement appareillés, et mettons en place notre interpolation pour chacun de ces couples de thèmes cartographiques. Nous proposons un ensemble de briques d'interpolation de paramètres de style, qui pourront être combinées afin de créer un chemin graphique entre les deux styles. Ces briques d'interpolations manipulent les paramètres de symbolisation pour créer des symbolisations intermédiaires tout au long du continuum en construction. Pour décrire ces symbolisations intermédiaires, nous nous appuyons sur les normes *SymbologyEncoding* (SE) (Mueller 2006) et *Styled Layer*

Descriptor (SLD) (Lupp 2007) de l'*OpenGeospatial Consortium* (OGC) et sur les paramètres de symbolisation qu'elles modélisent (la couleur, la transparence, l'épaisseur de trait, etc.) ou que nous étendons pour décrire des méthodes de texturation (granularité de texture, quantité de texture, orientation, étirement, etc.). L'enjeu est de prendre en compte les spécificités de chaque type de paramètre de symbolisation à interpoler. En outre, dans le but de créer une évolution régulière de ces paramètres de symbolisation, nous utilisons une méthode d'interpolation linéaire.

Dans le cadre de notre cas d'étude, nous nous intéressons particulièrement à deux propriétés visuelles particulières qui influent directement sur le niveau de réalisme et d'abstraction de nos extrémités (une carte topographique et une orthophotographie) : la couleur et la texture. Afin de pouvoir définir des symbolisations pivots (c'est-à-dire construites à partir de propriétés visuelles des deux extrémités) entre une carte et une orthophotographie, nous extrayons la couleur naturelle des différents thèmes de la carte par classification des couleurs de l'orthophotographie, et nous explorons le potentiel graphique de différentes méthodes de texturation issues de l'informatique graphique : conversion en niveaux de gris, texturation procédurale (notamment par la méthode de (Perlin, 1985)), composition par différentes méthodes de transparence et de mélange de couleurs, etc.

Pour faire évoluer la couleur en garantissant une variation perceptuelle constante, nous proposons d'interpoler linéairement ses coordonnées colorimétriques dans l'espace colorimétrique *CIE Lab* (CIE 1976). Cette brique d'interpolation peut être appliquée à la couleur d'une donnée vectorielle comme l'illustre la figure 2 ou encore à une donnée raster comme l'illustre la figure 3 entre une orthophotographie en couleur et sa conversion en niveaux de gris. Pour faire varier l'effet de texture d'une symbolisation, deux possibilités ont été explorées dans le cadre de la thèse : interpoler le niveau de transparence d'une couche vectorielle superposée à un fond orthophotographique ou bien la quantité de texture procédurale que l'on souhaite appliquer à une symbolisation cartographique.

Perception du réalisme

Dans le but d'assurer l'homogénéité visuelle des représentations intermédiaires de notre continuum et de guider la paramétrisation des briques d'interpolation

pour configurer un continuum cartographique, nous avons mis en place un test utilisateur visant à évaluer la perception du niveau de réalisme de différentes symbolisations mixant les propriétés visuelles d'une carte topographique et d'une orthophotographie. Ce test utilisateur a été diffusé en ligne durant trois mois et se concentrait sur la symbolisation de la végétation. L'analyse des 311 réponses complètes au test nous a permis d'affirmer que la perception du niveau de réalisme est partagée par une majorité des participants et peut être quantifiée. De plus, l'effet de texture apparaît comme la propriété visuelle la plus efficace pour faire varier le niveau de réalisme d'une symbolisation, tandis que la couleur est secondaire pour contrôler le niveau de réalisme. Enfin, le test utilisateur nous a permis de valider une combinaison de briques d'interpolation complexe pour construire un chemin graphique pour la végétation au sein de notre continuum (Cf. figure 3).

Continuum topographique entre une carte et une orthophoto

Pour valider notre méthode de conception d'un continuum cartographique, nous proposons une paramétrisation du continuum de notre cas d'étude entre une carte et une orthophotographie. Nous définissons ainsi pour chaque thème une combinaison de briques d'interpolation. Cette paramétrisation est synthétisée en figure 4. De plus, nous appliquons notre méthode d'adaptation locale de la symbolisation au contour des routes, afin de garantir leur lisibilité tout au long du continuum.

La combinaison de briques d'interpolation présentée en figure 4 est mise en œuvre pour créer les différentes représentations intermédiaires présentées en bas de la figure 5, ainsi que le continuum cartographique correspondant présenté en haut de la figure 5. Ce continuum cartographique illustre le potentiel de notre méthode, tandis que l'exemple de paramétrisation illustré en figure 4 montre la généralité et le potentiel expressif de notre méthode : la modularité des briques d'interpolation permet au concepteur de définir des points de contrôle sur le style tout au long du continuum pour adapter le continuum à un usage ou un profil utilisateur, et ainsi de choisir le chemin graphique qu'il souhaite faire emprunter au continuum pour parcourir l'espace cartographique séparant ses extrémités.

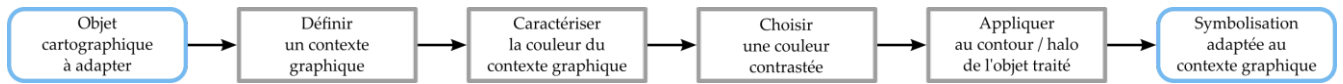


Figure 1 : Processus d'adaptation locale d'une symbolisation par rapport à son contexte graphique.

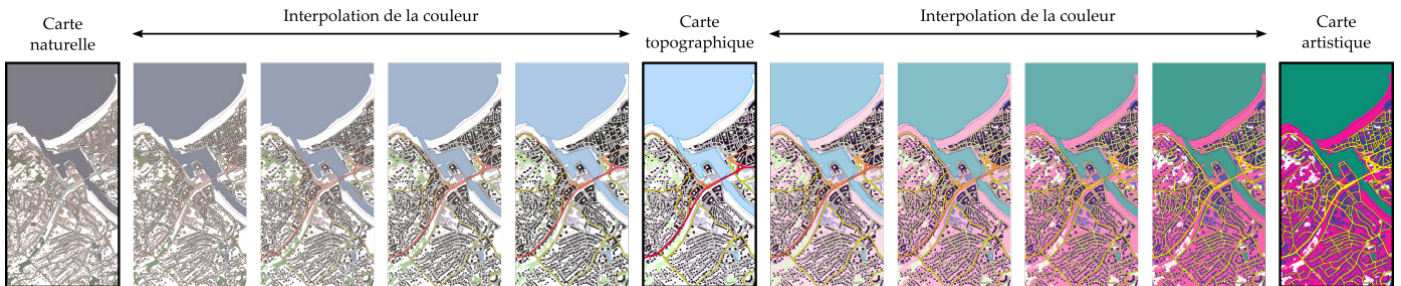


Figure 2 : Interpolation de la couleur des différents thèmes cartographiques, formant des chemins graphiques entre une carte aux couleurs naturelles, une carte topographique et une carte artistique de style Pop Art.



Figure 3 : Interpolation de la couleur pour des données de type raster, entre une orthophotographie en couleurs et sa conversion en niveaux de gris.

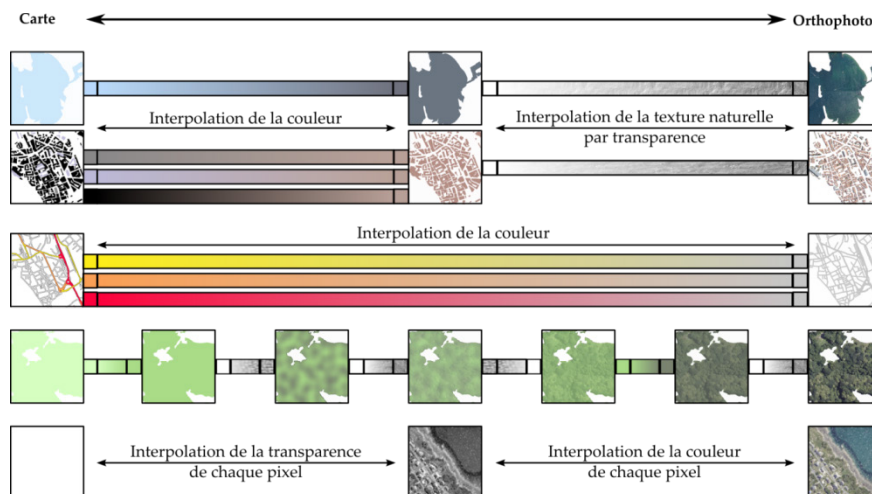


Figure 4 : Proposition de paramétrisation d'un continuum cartographique entre une carte topographique et une orthophotographie



Figure 5 : Continuum cartographique entre une carte topographique et une orthophotographie

Bibliographie

- Albertz, J., Lehmann, H., Sep. 2005. *Kartographie und Fernerkundung - Stationen einer Entwicklung über acht Jahrzehnte. Begleitheft zur Ausstellung der Kommission Kartographie und Fernerkundung - Deutsche Gesellschaft für Kartographie e.V.*, 21.-bis 23. September 2005.
- Bektas, K., Coltekin, A., Sep. 2012. *Area of Interest Based Interaction and GeoVisualization with WebGL*. In: Proc. of The Graphical Web Conference 2012, Zurich, Switzerland, September 11-14 2012.
- Bektas, K., Coltekin, A., Krüger, J., Duchowski, A., 2015. *Combined Visual Perception Models for Geographic Gaze Contingent Displays*. In: Proc. of the 17th Annual Eurographics Conference on Visualization (EuroVis), Cagliari, Sardinia, Italy, May 25-29 2015.
- Bernabé-Poveda, M.-A., Coltekin, A., 2014. *Prevalence of the terrain reversal effect in satellite imagery*. International Journal of Digital Earth 0 (0), 1–16.
- Bildirici, O., Kaya, S., Musaoglu, N., Ulugtekin, N., 1999. *Satellite images as a cartographic data source for mapping purposes*. In: Internationalsymposium on remote sensing and integrated technologies.
- Biljecki, F., Ledoux, H., Stoter, J., Zhao, J., 2014. *Formalisation of the level of detail in 3d city modelling*. Computers, Environment and Urban Systems 48, 1–15.
- Boer, A., Coltekin, A., Clarke, K. C., 2013. *An Evaluation of Web-based Geovisualizations for Different Levels of Abstraction and Realism What do users predict?* In: Proc. of the 26th International Cartographic Conference (ICC'13), 25-30 August, Dresden, Germany.
- Christophe, S., Perret, J., Hoarau, C., 2013. *Extraction de palettes de couleurs pour l'aide à la conception cartographique*. Revue des Sciences et Technologies de l'Information (RSTI), Serie technique et Science Informatiques (TSI), Art et Informatique 32(3-4), pp. 145–152.
- CIE, 1976. *Commission Internationale de l'Eclairage. Rapport technique*, Cambridge University Press, Cambridge, England.
- Coltekin, A., Lokka, I.-E., Boer, A., 2015. *The Utilization of Publicly Available Map Types by Non-Experts A Choice Experiment*.
- Donnay J.P., 2000. *Nature et Qualités de la Spatiocartographie*. Bulletin de la Société Géographique de Liège, Vol. 38
- Hoarau, C., Sep. 2012. *Orthoimage or map visualization in use in geoportals, Case study on the French Geoportals*. In: Proc. of AutoCarto2012 Conference.
- Jenny, H., Jenny B., Cron J., 2012. *Exploring transition textures for pseudo-natural maps*. In T. Jekel, A. Car, J. Strobl, and G. Griesebner (Eds.), GI_Forum 2012: Geovisualization, Society and Learning, pp. 130-139. Wichmann.
- Jenny, B., Buddeberg, J., Hoarau, C., Liem, J., 2015. *Plan oblique relief for web maps*. Cartography and Geographic Information Science 0 (0), 1–9.

- Jenny, B., Gilgen, J., Geisthovel, R., Marston, B. E., Hurni, L.,** 2014. *Design principles for swiss-style rock drawing*. The Cartographic Journal.
- Lobo, M.-J., Pietriga, E., Appert, C.,** 2015. *An evaluation of interactive map comparison techniques*. In: Proceedings of the 33rd Annual ACM Conference on Human Factors in Computing Systems. CHI'15. ACM, New York, NY, USA, pp. 3573–3582. URL <http://doi.acm.org/10.1145/2702123.2702130>
- Loi H., Hurtut T., Vergne R., Thollot J.,** 2015, *A Programmable Model for Designing Stationary 2D Arrangements*. [Research Report] RR-8713, Inria.
- Lupp, M.,** 2007. *Styled layer descriptor implementation specification*. Open Geospatial Consortium Document Number: OGC 05-078r4, Version: 1.1.0.
- Medley, S., Haddad, H.,** 2011. *The Realism Continuum, Representation and Perception*. The International Journal of the Image 1 (2), 145–156.
- Mueller M.** 2006. *Symbology encoding implementation specification*. Open Geospatial Consortium Document Number 05-077r4, Version 1.1.0.
- Murphy, C.,** Aug. 2015. *Intellectual Highlighting of Remote Sensing Imagery for Better Image Map Design*.
- Patterson, T.,** 2002. *Getting Real: Reflecting on the New Look of National Park Service Maps*. Cartographic Perspectives (43), pp. 43–56.
- Patterson, T. and Kelso, N. V.,** 2004. *Hal Shelton Revisited: Designing and Producing Natural-Color Maps with Satellite Land Cover Data*. Cartographic Perspectives (47), pp. 28–55.
- Perlin, K.,** 1985. *An image synthesizer*. SIGGRAPH Comput. Graph. 19(3), pp. 287–296.
- Pindat, C., Pietriga, E., Chapuis, O., Puech, C.,** 2012. *JellyLens: content-aware adaptive lenses*. In: Proc. of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology, Cambridge, Massachusetts, USA. UIST '12. ACM, New York, NY, USA, pp. 261–270.
- Raposo, P., Brewer, C. A.,** 2013. *Guidelines for Consistently Readable Topographic Vectors and Labels with Toggling Backgrounds*. In: Proc. of the 26th International Cartographic Conference, 25-30 August, Dresden, Germany.
- Semmo, A., Dollner, J.,** 2014. *Image filtering for interactive level-of-abstraction visualization of 3d scenes*. In: Proc. of International Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging (CAE), Anaheim, California, USA. pp. 5–14.
- Semmo, A., Kyprianidis, J. E., Trapp, M., Dollner, J.,** 2013. *Real-Time Rendering of Water Surfaces with Cartography-Oriented Design*. Proc. of International Symposium on Computational Aesthetics in Graphics, Visualization, and Imaging (CAE), Anaheim, California, USA. pp. 5–14.
- Semmo, A., Trapp, M., Kyprianidis, J. E., Dollner, J.,** 2012. *Interactive Visualization of Generalized Virtual 3D City Models using Level-of-Abstraction Transitions*. Computer Graphics Forum, Proc. EuroVis 2012, Vienna, Austria, June 5-8 2012 31 (3).
- Trapp, M., Beesk, C., Pasewaldt, S., Dollner, J.,** 2011. *Interactive rendering techniques for highlighting in 3d geovirtual environments*. In: Kolbe, T. H., Knig, G., Nagel, C. (Eds.), Advances in 3D Geo-Information Sciences. Lecture Notes in Geoinformation and Cartography. Springer Berlin Heidelberg, pp. 197–210.
- Trapp, M., Glander, T., Buchholz, H., Dollner, J.,** 2008. *3d generalization lenses for interactive focus+ context visualization of virtual city models*. In: Information Visualisation, 2008. IV'08. 12th International Conference. IEEE, pp.356–361.
- Wilkening, J., Fabrikant, S. I.,** 2011. *How do decision time and realism affect map-based decision making? In: Proc. of the 10th international conference on Spatial Information Theory*. COSIT'11. Springer-Verlag, Berlin, Heidelberg. URL <http://dl.acm.org/citation.cfm?id=2040205.2040207>
- Yu, Q., Neyret, F., Bruneton, E. Holzschuch, N.,** 2011. *Lagrangian Texture Advection: Preserving both Spectrum and Velocity Field*. IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics 17(11), pp. 1612–1623.