

APPROCHE EXPLORATOIRE POUR LA CONCEPTION DE CONTINUUMS CARTOGRAPHIQUES FACILITANT

la navigation entre deux styles topographiques sur un géoportail

Jérémie Ory,

Guillaume Touya, Charlotte Hoarau, et Sidonie Christophe

Univ. Paris-Est, LASTIG COGIT, IGN, ENSG,
F-94160 Saint-Mandé, France ; nom.prénom@ign.fr

Les portails cartographiques web permettent aux utilisateurs de visualiser un ensemble de représentations cartographiques qui décrivent l'espace géographique de manière différente. Notre souhaitons permettre aux utilisateurs de naviguer facilement entre ces différentes représentations cartographiques grâce à des continuums cartographiques. Notre objectif est de concevoir un ensemble de représentations intermédiaires entre deux représentations cartographiques en s'appuyant sur des méthodes d'interpolation. Nous proposons une approche exploratoire en deux étapes : (1) nous proposons tout d'abord une méthode de comparaison permettant d'identifier quels éléments cartographiques doivent être interpolés et (2) nous proposons ensuite une méthode pour la conception de représentations intermédiaires.

Mots-clés: géovisualisation, continuum cartographique, interpolation, style topographique, abstraction cartographique, perception et cognition

Introduction et problème de recherche

Ces deux dernières décennies, à côté des producteurs traditionnels de cartes topographiques que sont les agences nationales de cartographie, de nouveaux producteurs ont progressivement émergé : Google Maps, OpenStreetMap (OSM), Stamen, MapBox, etc. Cette multiplication des producteurs de cartes a naturellement conduit à une diversification des représentations cartographiques. Ces dernières possèdent des contenus cartographiques différents et des apparences visuelles propres qu'il est possible de formaliser sous la notion de style topographique (Kent and Vujakovic, 2009 ; Jolivet, 2009 ; Beconyte, 2011 ; Christophe, 2012 ; Ory et *al.*, 2015). Sur les portails cartographiques web, ces différentes représentations cartographiques sont conjointement proposées aux utilisateurs afin de répondre à leurs usages, leurs besoins ou leurs préférences, (Ruas, 2006 ; Bucher et *al.*, 2007 ; Mericksay, 2011 ; Griffin and Fabrikant, 2012 ; Lafay et *al.*, 2015 ; entre autres). Le plus souvent les utilisateurs naviguent d'une représentation cartographique à une

autre. Dans ce contexte, l'un des principaux défis est de proposer des méthodes de géovisualisation innovante permettant d'améliorer la navigation entre des représentations cartographiques avec des styles différents.

Notre objectif est de concevoir un ensemble de représentations intermédiaires formant un continuum cartographique permettant de fluidifier la navigation entre deux styles topographiques. Dans cet article, nous présentons tout d'abord un état de l'art sur la conception de continuum cartographique puis nous détaillons notre approche qui se décline en deux grandes étapes : (1) identifier les éléments cartographiques à interpoler et (2) proposer une méthode pour la conception de représentations intermédiaires.

État de l'art

Dans cette section, nous effectuons une synthèse des connaissances liées à notre problème de recherche sur la conception de continuums cartographiques.



Figure 1 : Différences de rendu entre trois représentations cartographiques différentes: (A) Google Maps, (B) OpenStreetMap, (C) Swisstopo – (Dumont et al., 2015)



Figure 2 : Variation de contenu entre les cartes IGN-France (A) et Google Maps (B) – (Dumont et al., 2015)

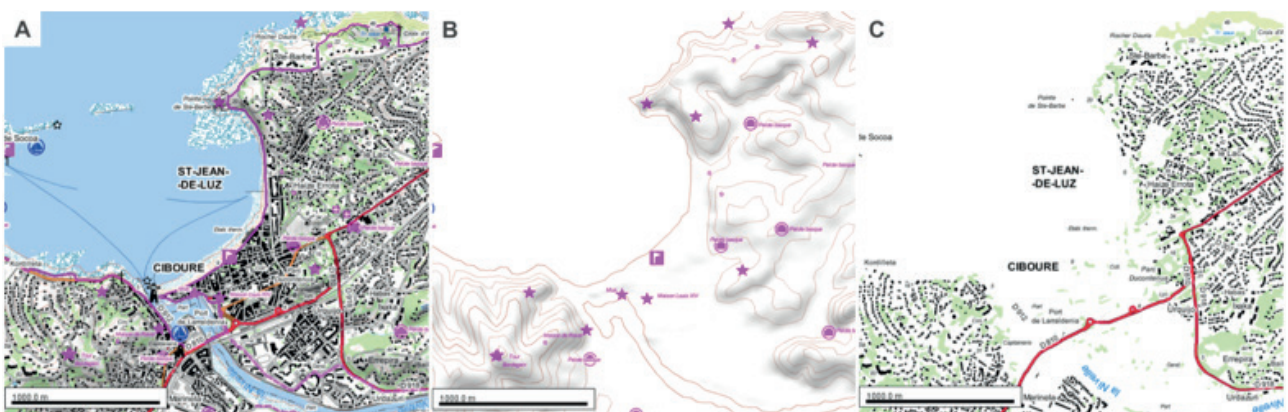


Figure 3 : (A) Carte topographique IGN-France au 1:25000ème, (B) 1er niveau de signature visuelle, (C) 2ème niveau de signature visuelle (Ory, 2016)

Caractériser les discontinuités entre des représentations cartographiques différentes

Dumont et al. (2015) souhaitent faciliter et rendre plus efficace la navigation dans une pyramide de cartes multi-échelles. Ils identifient différentes sources de distraction pour un utilisateur telles que les discontinuités de rendu et de contenu. Les discontinuités de rendu sont illustrées par la figure 1 qui représente un même espace géographique, la région de Zürich en Suisse, à travers trois cartes différentes : Google Maps (A), OpenStreetMap (B) et Swisstopo (C). D'une carte à l'autre, les objets cartographiques visuellement saillants sont différents. Sur la carte Google Map (A) la représentation de l'hydrographie surfacique semble visuellement la plus saillante, sur la carte OpenStreetMap (B) la représentation du réseau routier semble visuellement la plus saillante alors que sur la carte Swisstopo (C) il s'agit de la représentation du bâti. Ces différences graphiques et visuelles sont notamment dues aux choix de construction de légende opérés par chacun des producteurs de cartes (Jolivet, 2009 ; Kent and Vujakovic, 2009 ; Christophe, 2012 ; Ory *et al.*, 2013).

La figure 2 illustre des discontinuités de contenu entre deux représentations topographiques : IGN-France (A) et Google Maps (B). Ces deux cartes représentent le même espace géographique : la région de La Rochelle en France. Nous observons que pour une même échelle de visualisation il existe des variations de contenu entre les cartes IGN-France (A) et Google Maps (B). Ces variations sont notamment dues à des choix de sélection de données différents.

Afin de permettre aux utilisateurs de naviguer entre deux représentations cartographiques différentes de manière fluide et continue, la méthode de conception de continuums cartographiques devra traiter ces problèmes de discontinuités de rendu et de contenu.

Caractériser un style topographique

Ory *et al.* (2015) formalisent la notion de style topographique en tant que famille cartographique regroupant des signes graphiques perçus et reconnus des utilisateurs. Ils proposent de regrouper ces signes graphiques selon leur significativité pour les utilisateurs et ainsi former une signature visuelle représentative d'un style topographique. En s'appuyant sur les résultats obtenus d'une expérimentation utilisateur, Ory (2016) caractérise deux niveaux de signatures visuelles pour le style topographique IGN-France. La figure 3 illustre ces deux niveaux de signature visuelle : niveau (A) et niveau (B). Le niveau (A) contient les signes graphiques à la fois bien perçus et bien mémorisés par les utilisateurs. Le niveau (B) contient les signes graphiques uniquement

bien mémorisés par les utilisateurs. Ory (2016) s'appuie sur ces deux niveaux de signature visuelle pour produire de nouvelles cartes topographiques avec un style reconnaissable par les utilisateurs.

Afin de permettre aux utilisateurs de reconnaître la signature visuelle d'un style topographique, la méthode de conception de continuums cartographiques devra prendre en compte les connaissances sur la perception des styles topographiques.

Méthode pour la conception de continuums entre des données vectorielles et des orthophotographies

Hoarau et Christophe (2016) proposent une méthode de conception pour mixer efficacement des données topographiques vectorielles et des orthophotographies. Cette méthode est basée sur trois briques distinctes : (1) extraction de l'apparence naturelle, (2) interpolation de couleurs et de textures et (3) contrôle du niveau de réalisme et d'abstraction. Ensemble ces trois briques permettent de concevoir les représentations intermédiaires qui forment un continuum cartographique. La figure 4 illustre un exemple de continuum cartographique entre des données vectorielles symbolisées au style IGN-France et une orthophotographie. La lisibilité des objets cartographiques est préservée tout au long du continuum fournissant aux utilisateurs une co-visualisation pertinente des deux représentations. Le continuum cartographique permet aux utilisateurs de naviguer de manière continue et progressive d'une représentation à l'autre tout en ayant la possibilité de s'arrêter sur une représentation intermédiaire lisible.

Objectifs de recherche

À partir des connaissances issues de l'état de l'art sur la conception de continuums cartographiques, nous identifions trois objectifs de recherche :

1. Les représentations intermédiaires doivent permettre aux utilisateurs une navigation continue et fluide entre deux styles topographiques ;
2. Les deux styles topographiques originaux doivent être reconnus par les utilisateurs tout au long de la navigation dans le continuum ;
3. La lisibilité des différents objets cartographiques doit être assurée au sein de chaque représentation intermédiaire.

Pour atteindre ces trois objectifs, il est d'abord nécessaire d'identifier quels éléments cartographiques d'un style doivent être interpolés puis de proposer une méthode pertinente pour concevoir les représentations intermédiaires d'un continuum cartographique.

Une approche exploratoire pour concevoir un continuum cartographique entre deux styles topographiques

Dans cette section, nous détaillons notre approche exploratoire pour concevoir un continuum cartographique entre les deux styles topographiques IGN-France et OSM (style standard Mapnik). Notre approche se décline en deux étapes :

1. Identification des éléments cartographiques à interpoler ;
2. Proposition d'une méthode de conception de représentations intermédiaires.

Méthode de comparaison pour identifier les éléments cartographiques à interpoler

Nous sélectionnons deux représentations topographiques, une première produite par l'agence de cartographie IGN illustrée par la Figure 5.A, une seconde produite par OSM illustrée par la figure 5.B. Les deux représentations topographiques sont à la même échelle (1 :25 000) et décrivent le même espace géographique : la région de St-Jean-de-Luz en France. A partir de nos connaissances en conception cartographique, nous proposons une approche systématique permettant de comparer visuellement ces deux représentations topographiques. L'objectif de notre approche est d'analyser visuellement comment des représentations topographiques sont construites afin d'identifier les éléments cartographiques qui doivent être traités par la méthode de conception de représentations intermédiaires. Dans le cadre de cette première approche, nous nous intéressons tout particulièrement à deux processus d'abstraction cartographique : la sélection de données et la construction de légende. Nous ne nous concentrons pas sur les autres processus d'abstraction cartographique que sont la catégorisation de données et la généralisation.

Grâce à la comparaison des deux représentations topographiques IGN-France et OpenStreetMap, nous observons des différences cartographiques significatives qui nous conduisent à l'identification de six éléments cartographiques qui doivent être interpolés. Nous regroupons ces éléments cartographiques en deux catégories :

1. Sélection de données

- *Ombfrage*: l'ombfrage est un thème cartographique majeur sur les représentations topographiques IGN-France,

ce thème est absent des représentations topographiques OSM comme l'illustre la figure 5.

- *Données vectorielles additionnelles*: les représentations topographiques IGN-France contiennent plus de thèmes cartographiques que les représentations OSM. Ainsi les courbes de niveau et le réseau hydrographique intermittent ne sont pas représentés sur la carte OSM comme l'illustre la figure 5.

1. Spécifications de légende

- *Couleur*: les deux producteurs de cartes utilisent des palettes de couleurs différentes pour représenter chacun des thèmes cartographiques. Les deux palettes de couleurs utilisées sont illustrées par la figure 6.
- *Texture*: les deux producteurs de cartes utilisent différents types de texture pour représenter les thèmes associés à l'occupation du sol. Les textures utilisées pour représenter les forêts et les plages sont illustrées par la figure 6.
- *Épaisseur*: les deux producteurs de cartes utilisent des spécifications d'épaisseur différentes pour représenter les différents thèmes cartographiques linéaires tels que le réseau routier illustré par la figure 5.
- *Typographie*: les deux producteurs de cartes utilisent des spécifications de typographie différentes pour représenter la toponymie comme illustré par la figure 5.

Notre approche comparative semble pertinente pour identifier les éléments cartographiques à interpoler. Il serait cependant intéressant de comparer d'autres styles topographiques entre eux afin d'analyser comment d'autres éléments cartographiques sont identifiés.

Méthode pour la conception de représentations intermédiaires

Dans cette section, nous proposons une méthode pour la conception de représentations intermédiaires basée sur l'interpolation des éléments cartographiques identifiés dans la section précédente. La méthode de conception utilisée doit permettre de relever les objectifs de recherche présentés sous-section 2.4, à savoir :

Assurer une navigation continue et fluide entre deux styles topographiques ;

- Permettre la reconnaissance des deux styles topographiques originaux tout au long de la navigation dans le continuum ;
- Préserver la lisibilité des différents objets cartographiques au sein de chaque représentation intermédiaire.

D'après les connaissances issues de la littérature, nous identifions deux méthodes permettant de concevoir les représentations intermédiaires d'un continuum :

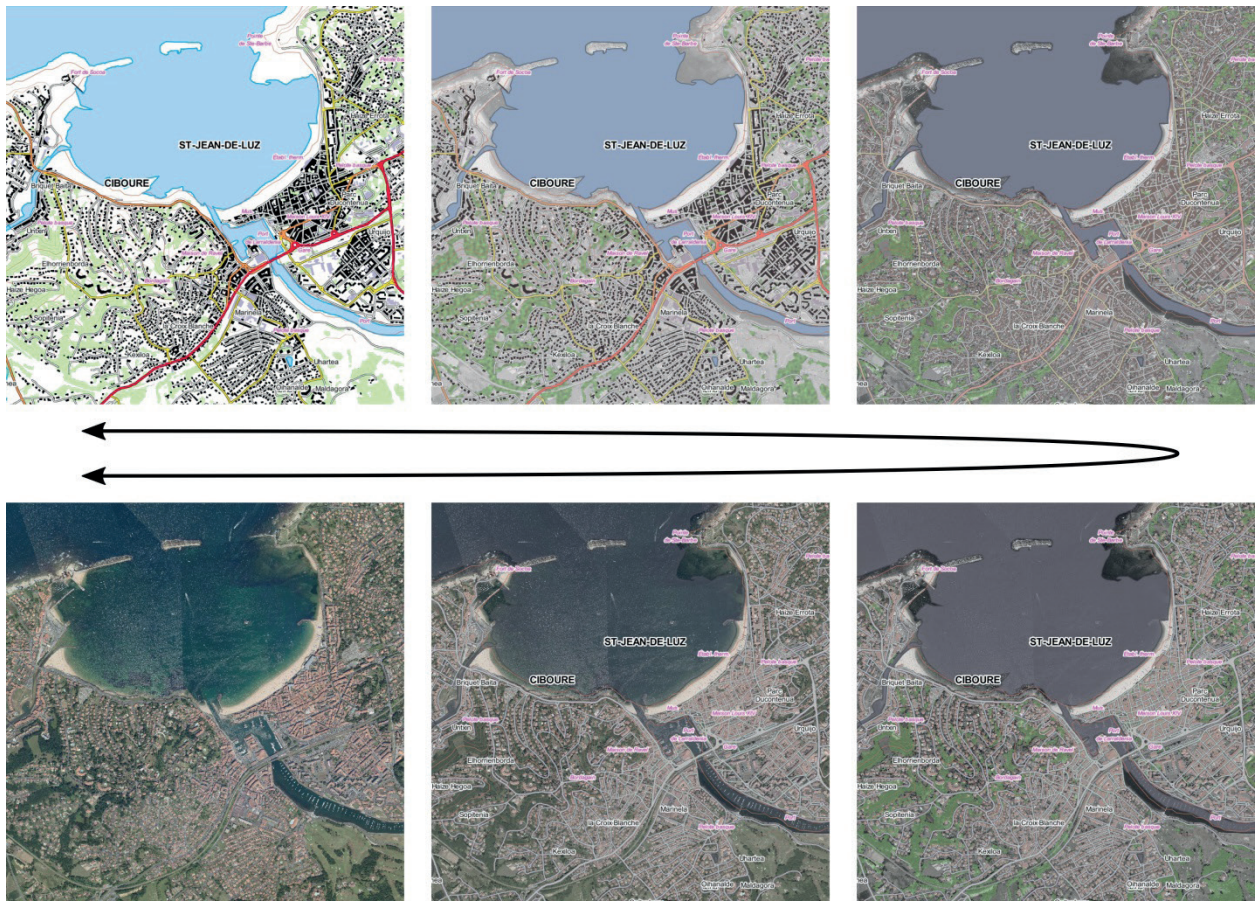


Figure 4 : Continuum cartographique entre des données topographiques vectorielles symbolisées au style IGN-France et des orthophotographies - Hoarau et Christophe (2016)

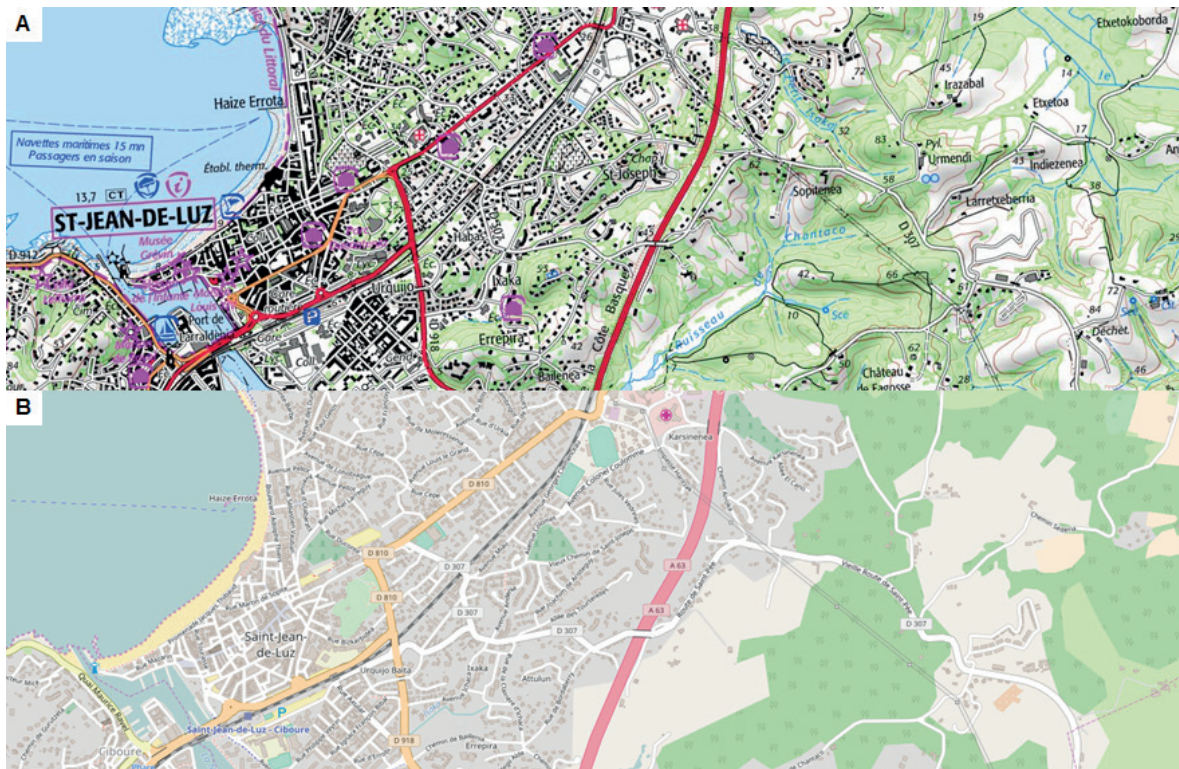


Figure 5 : Comparaison visuelle de deux styles topographiques : IGN-France (A) et OpenStreetMap (B) – (IGN® copyright - ©OpenStreetMap contributors)

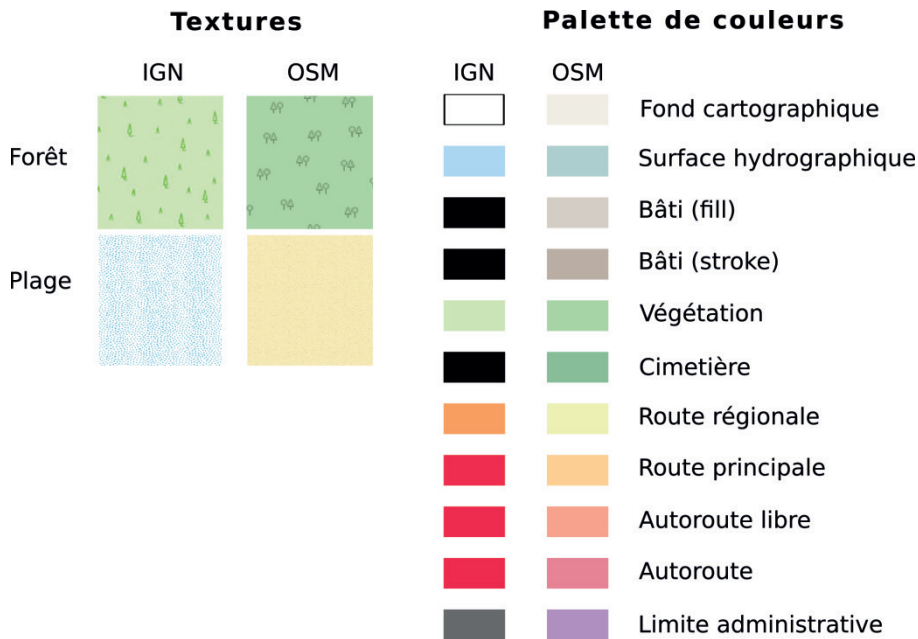


Figure 6 : Différences de spécifications de couleurs et de textures entre les représentations IGN-France et OSM

	IGN France	REPRÉSENTATIONS			OpenStreetMap	
SURFACE	Fond cartographique	#FFFFFF	#FBFBF9	#F8F7F4	#F5F3EE	#F2EFE9
	Surface hydrographique	#B3D9FF	#B3D6F3	#B4D4E7	#B4D2DB	#B5D0D0
	Bâti	#000000 stroke-width : 0	#363432 #2f2c29 stroke-width : 0.5	#6C6864 #5f5852 stroke-width : 1.0	#A29C96 #8e847b stroke-width : 1.5	#D8D0C9 #beb0a4 stroke-width : 3
	Végétation	#D1FFBA	#C8F3B3	#BFE8AC	#B6DCA5	#ADD19F
	Cimetière	#FFFFFF #000000 stroke-width : 2	#EBF2EC #5b665c stroke-width : 4	#D7E6D9 #6a816d stroke-width : 6	#799C7D #c3dac6 stroke-width : 8	#AFCEB4 #88b78e stroke-width : 10
LINÉAIRE	Route locale	#FFFFFF #000000 stroke-width : 7.5 stroke-width : 12.5	#FFFFFF #272727 stroke-width : 10.62 stroke-width : 15.62	#FFFFFF #4e4e4e stroke-width : 13.75 stroke-width : 18.75	#FFFFFF #757575 stroke-width : 16.87 stroke-width : 21.87	#FFFFFF #909090 stroke-width : 20 stroke-width : 25
	Route régionale	#FF994C #000000 stroke-width : 7.5 stroke-width : 12.5	#FCB164 #1b1f01 stroke-width : 10.62 stroke-width : 15.62	#F9CA7C #363e03 stroke-width : 13.75 stroke-width : 18.75	#F6E294 #515d05 stroke-width : 16.87 stroke-width : 21.87	#F4FBAD #6d7c07 stroke-width : 20 stroke-width : 25
	Route principale	#FF0033 #000000 stroke-width : 7.5 stroke-width : 12.5	#FE334A #261a02 stroke-width : 11.12 stroke-width : 16.12	#FD6761 #4d3404 stroke-width : 14.75 stroke-width : 19.75	#FC9A78 #734E06 stroke-width : 18.37 stroke-width : 23.37	#FCCE90 #9a6908 stroke-width : 22 stroke-width : 27
	Autoroute libre	#FF0033 #000000 stroke-width : 20 stroke-width : 25	#FD2848 #2f0f08 stroke-width : 21.25 stroke-width : 26.25	#FB505D #5f1f11 stroke-width : 22.5 stroke-width : 27.5	#F97872 #8f2e1a stroke-width : 23.75 stroke-width : 28.75	#F8A188 #bf3e23 stroke-width : 25 stroke-width : 30
	Autoroute	#FF0033 #000000 stroke-width : 20 stroke-width : 25	#F71E4A #350416 stroke-width : 21.25 stroke-width : 26.25	#F03D61 #6a092c stroke-width : 22.5 stroke-width : 27.5	#E95B78 #9f0e42 stroke-width : 23.75 stroke-width : 28.75	#E27A8F #d51358 stroke-width : 25 stroke-width : 30
	Réseau hydrographique permanente intermittente	#B3D9FF stroke-width : 10 stroke-width : 6	#B3D6F3 stroke-width : 10 stroke-width : 4.5	#B4D4E7 stroke-width : 10 stroke-width : 3	#B4D2DB stroke-width : 10 stroke-width : 1.5	#B5D0D0 stroke-width : 10 stroke-width : 0
	Limite administrative	#646464 stroke-width : 7.5	#776e7a stroke-width : 6.87	#8a7891 stroke-width : 6.25	#9d82a8 stroke-width : 5.62	#B18CBE stroke-width : 5

Figure 7 : Spécifications de légende pour les objets cartographiques linéaires et surfaciques présents dans les représentations intermédiaires entre IGN-France et OpenStreetMap

Une méthode d'interpolation linéaire : cette méthode est préconisée pour définir les spécifications de couleurs de chacune des représentations intermédiaires.

Une méthode de progression arithmétique : cette méthode est préconisée pour définir les spécifications (1) d'épaisseur de linéaires, (2) du niveau de transparence de l'ombrage et (3) du niveau de transparence de données vectorielles additionnelles (courbe de niveau et réseau hydrographique intermittent) pour chacune des représentations intermédiaires.

D'après les recommandations émises par Ory (2015), nous proposons de ne pas interpoler les textures et la typographie des styles topographiques sources. En effet, la texture et la typographie sont des éléments visuellement saillants bien connus des utilisateurs, permettant ainsi de reconnaître les styles topographiques interpolés tout au long du continuum. De même, nous faisons l'hypothèse que conserver les textures et la typographie originales améliore et fluidifie la navigation au sein du continuum. Pour ces deux éléments cartographiques, nous préconisons un passage discret des textures et de la typographie du style A aux textures et à la typographie du style B lorsque l'utilisateur se trouve au milieu du continuum.

Résultats

Dans cette sous-section, nous appliquons les deux méthodes de conception détaillées ci-dessus sur un jeu de données cartographiques vectorielles qui représente la région de St-Jean-de-Luz en France. À l'aide des méthodes d'interpolation linéaire et de progression arithmétique, nous définissons les spécifications de légende (couleurs, épaisseur et niveau de transparence) pour chacune des représentations intermédiaires. Dans notre cas d'étude, nous définissons trois niveaux de représentations intermédiaires pour naviguer du style IGN-France au style OpenStreetMap. Les spécifications de légende sont décrites à l'aide du standard SLD/SE. La figure 7 illustre les résultats obtenus pour chacun des thèmes cartographiques : surface hydrographique, bâti, végétation, cimetière, réseau routier, réseau hydrographique et limites administratives auxquels s'ajoute le fond cartographique.

Les représentations cartographiques intermédiaires sont produites à partir des outils et des méthodes implémentées dans notre plateforme open source GeoXygene (<https://ignf.github.io/geoxygene/community/index.html>).

La figure 8 illustre différentes représentations cartographiques intermédiaires formant un continuum cartographique permettant de naviguer de manière

fluide et continue entre les styles topographiques IGN-France et OSM. Notre méthode de conception de continuum permet de résoudre les deux principaux problèmes que sont :

- L'atténuation des discontinuités de rendu grâce à des transitions visuelles progressives tout au long du continuum. La représentation du réseau routier sur la figure 8 illustre cette progression visuelle à travers l'interpolation linéaire de couleur entre les styles IGN-France et OSM.
- L'atténuation des discontinuités de contenu grâce à une apparition et/ou disparition progressives de certaines données tout au long du continuum. L'apparition progressive des courbes de niveau et du réseau hydrographique intermittent (encadré de la figure 8) illustre cette atténuation des discontinuités de contenu entre les styles IGN-France et OSM.

Conclusion et perspectives

Cet article traite du problème de conception de continuums cartographiques pour naviguer entre des représentations topographiques ayant différents styles. Nous proposons une approche permettant d'identifier les principaux éléments cartographiques qui doivent être interpolés et une méthode de conception permettant d'interpoler chacun des éléments cartographiques identifiés. Cette méthode permet de définir les spécifications de légendes pour chacune des représentations intermédiaires d'un continuum.

Ces premiers résultats ouvrent de nombreuses perspectives de recherche. Il serait par exemple intéressant de mesurer les différences et les similarités entre les représentations intermédiaires afin d'évaluer la qualité d'un continuum cartographique. De même, il serait intéressant d'établir un ensemble de contraintes pour la définition des spécifications de couleurs par interpolation afin d'améliorer la lisibilité générale de la carte. Il s'agirait par exemple de préserver certains contrastes de couleurs entre des thèmes cartographiques pour assurer une bonne lecture de la carte. Il semble également incontournable de mesurer la distance globale entre deux styles topographiques afin de définir le nombre de représentations intermédiaires optimales pour la conception d'un continuum. La résolution de ces différents problèmes de recherche permettrait de proposer une méthode globale de conception automatique des continuums entre deux styles topographiques. Enfin, la mise en place d'expérimentations visuelles doit permettre de valider l'intérêt des continuums cartographiques pour certaines tâches interactives.

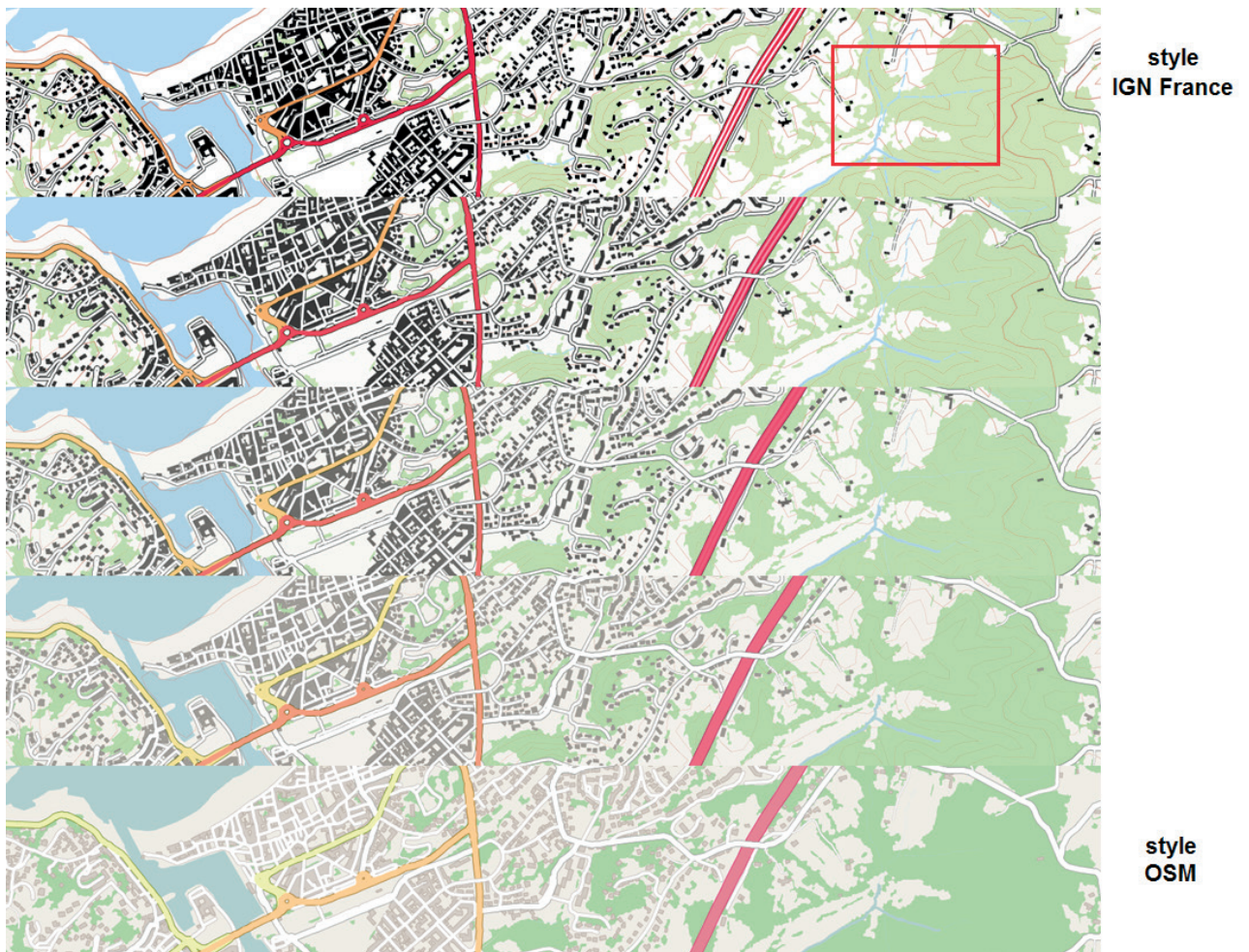


Figure 8 : Continuum cartographique entre les styles topographiques IGN-France et OpenStreetMap

Remerciements

Ce travail est réalisé dans le cadre du projet ANR MapMuxing et financé par l'Agence Nationale de la Recherche, avec la référence [ANR-14-CE24-0011-01].

Bibliographie

Beconyte, G. (2011) "Cartographic styles: criteria and parameters", In *Proc. 25th International Cartographic Conference (ICC'11)*, 3-5 July, Paris, France.

Bucher, B., Jolivet, L., Buard, E. and Ruas, A. (2007). 'The need for web legend services', in Ware, J. M. and Taylor, G. E (dir.) *7th International Symposium on Web and Wireless GIS (W2GIS), Lecture Notes in Computer Science*, Springer, p. 44–60.

Christophe, S. (2012) "Cartographic Styles between traditional and original (towards a cartographic style model)", In *proceedings of AutoCarto Conference 2012, 16-18 September, Columbus, Ohio, USA*.

Dumont, M., Touya, G., Duchêne, C. (2015), "Automated Generalisation of Intermediate Levels in a Multi-Scale Pyramid", In *proceedings of 18th ICA Workshop on Generalisation and multiple Representation, August 2015, Rio de Janeiro, Brazil*

Hoarau C., Christophe S. (2016). "Cartographic continuum rendering based on color and texture interpolation to enhance photo-realism perception", *ISPRS Journal of Photogrammetry and Remote Sensing* (volume in press)

Jolivet, L. (2009) "Characterizing maps to improve on-demand cartography - the example of European topographic maps", *17th Conference on GIScience and Research in UK (GISRUK'09), 1-3 April, Durham (UK)*.

Kent, A. & Vujakovic, P. (2009) "Stylistic Diversity in European States 1:50 000 Topographic Maps", *The Cartographic Journal*, 46(3), 179-213.

Lafay S., Braun, A., Chandler, D., et al. (2015). "Automatic mapping and innovative on-demand mapping services at IGN France". *CaGIS - Cartography and Geographic Information Science*, 42(1), 54-68.

Mericskay, B. (2011). « Les SIG et la cartographie à l'ère du géoweb ». *L'Espace géographique*, 40(2), 142-153.

Ory J., Christophe, S., Fabrikant, S.I., Bucher, B. (2015). "How do map readers recognize a topographic mapping style ?", *The Cartographic Journal*, 52(2), 193-203.

Ory J. (2016). « Connaissances pour la conception et la perception de styles topographiques », Phd thesis in Geographic Information Sciences, Paris-Est University, IGN, LaSTIG lab., COGIT team.

Griffin, A., et Fabrikant, S.I. (2012). « More maps, more users, more devices means more cartographic challenges ». *The Cartographic Journal*, 49(4), 298-301.

Ruas, A. (2006). « Usages des bases de données géographiques – exemple de l'IGN », Rencontre Jacques Cartier, Lyon, France.