

# BASE DE CONNAISSANCES POUR GERER DES STYLES DE RENDUS 3D

*par Mickaël Brasebin, Sidonie Christophe, Elodie Buard, Florian Pelloie.*

IGN/COGIT  
73 avenue de Paris  
94165 Saint Mandé Cedex  
Courriel : [mickael.brasebin@ign.fr](mailto:mickael.brasebin@ign.fr)  
Web : <http://recherche.ign.fr/labos/cogit/accueilCOGIT.php>  
Téléphone : 01 43 98 84 32

---

## Résumé

*La cartographie est un domaine où des bases de connaissances ont été établies à partir des règles de sémiologie graphique, ce qui n'est pas le cas pour les visualisations en trois dimensions (3D) d'informations géographiques ou non géographiques. Cet article détaille des premiers travaux de recherche ainsi qu'un agenda pour fournir une base de connaissances permettant de décrire le style en 3D, à partir des formalisations existantes en 2D, et d'une catégorisation de rendus 3D selon leurs paramètres de représentation. L'exploitation de ces connaissances peut avoir de nombreuses applications dont la génération de transitions fluides permettant à l'utilisateur de naviguer entre différents styles de rendus 3D afin de trouver la visualisation la plus adaptée à son usage.*

## Texte de l'article

### **1. Introduction et problématique**

Les visualisations en trois dimensions (3D) sont très utilisées notamment lors des consultations publiques des projets d'aménagement et d'urbanisme. Cependant, il n'existe pas de règles de sémiologie graphique 3D (Häberling 2008). Ainsi, l'impact visuel des paramètres graphiques utilisés dans les rendus 3D, tels que la couleur ou la lumière, n'a pas été évalué auprès d'utilisateurs ciblés. De la même façon, l'adéquation entre la perception et la compréhension de ces rendus au regard des usages n'est pas encore explicitement formalisée. En cartographie, des recommandations issues de la sémiologie graphique existent, elles sont définies à partir des variables visuelles introduites par (Bertin 1967) et de nombreux travaux de recherche sur la diffusion de messages cartographiques compréhensibles. Dans le cadre de notre travail de recherche, nous faisons un parallèle entre les conceptions des rendus 2D (les cartes) et les rendus 3D et nous questionnons la possibilité de transférer les connaissances acquises en 2D à la 3D. Ainsi notre objectif est de revisiter et d'adapter la sémiologie graphique aux processus de conception de rendus 3D. Sur le long terme, nous voulons être capable de formaliser des bonnes pratiques de

conception de rendus 3D, en fonction de thématiques différentes, et de proposer un cadre conceptuel de sémiologie pour ce type de rendus.

Dans cet article, nous proposons une méthode générique pour évaluer différents types de rendus 3D, d'en extraire des catégories typiques de styles 3D et comprendre les paramètres graphiques qui déterminent ces catégories. Nous considérons un style 3D comme la description des objets géographiques à rendre et la façon de les rendre, à l'aide d'un ensemble de paramètres graphiques : à chaque objet géographique élémentaire (trottoir, tronc d'arbre, toit d'une maison ou porte d'une maison) sont affectés des paramètres graphiques (couleur, épaisseur, distribution de texture, etc.). D'une certaine manière, notre approche permet d'analyser des styles possibles de rendus 3D en extrayant de façon systématique les paramètres graphiques utilisés pour les objets géographiques et en classant ces rendus 3D dans des grandes catégories de style.

Nous illustrons notre approche en considérant quatre catégories de style 3D, à partir du niveau de détail (bas/élevé) et du niveau de photo-réalisme (bas/élevé). Une première étude a permis d'analyser des rendus 3D issus de projets urbains mettant en valeur un bâtiment particulier : ces rendus ont été ensuite répartis dans les quatre catégories de style afin de mettre en évidence les paramètres graphiques de chacune de ces catégories. À partir de cette première étude, nous proposons une méthode générique pour acquérir automatiquement des connaissances sur la description de ces styles 3D. Notre objectif est de permettre aux utilisateurs de ces visualisations de naviguer de façon automatique dans l'espace des quatre catégories de style définies. Cette navigation repose sur des transformations continues entre les styles des rendus 3D, autrement dit des modifications élémentaires des paramètres graphiques : nous proposons ici une discussion afin de spécifier les pistes de recherche que nous souhaitons explorer.

Notre papier se compose d'un état de l'art sur les bases de connaissances induites des représentations 2D (partie 2), de la présentation de la méthodologie globale (partie 3), de propositions de méthode pour caractériser les styles et pour permettre des transitions entre styles (partie 4) et d'une discussion sur nos futurs travaux incluant la mise en œuvre des propositions au sein d'un système informatisé (partie 5).

## **2. État de l'art sur les bases de connaissances liées aux représentations 2D et 3D**

Dans cette partie, nous identifions tout d'abord les bases de connaissances existantes sur les représentations 2D qui s'ancrent dans différents domaines de recherche (sections 2.1 et 2.2). Les questions de niveau de photo-réalisme et d'abstraction sont au cœur des recherches en visualisation 2D et 3D, et tout particulièrement dans le cadre du développement de transitions fluides entre différentes catégories de rendus (section 2.3).

### **2.1. Bases de connaissances issues de la sémiologie graphique**

La sémiologie graphique est un cadre théorique permettant de fournir des recommandations sur la façon de représenter des objets géographiques du monde réel dans des cartes : il s'agit de choisir convenablement un signe graphique en fonction de son sens, au regard du message cartographique à transmettre. Les cartographes s'assurent de l'efficacité du message, en faisant varier six variables visuelles, décrites par Bertin (1967), sur les objets représentés, à savoir la taille, la valeur, la couleur, la texture ou le grain, l'orientation, la forme. Chacune possède des propriétés de classement et de hiérarchisation de l'information selon des relations préétablies entre objets : association, différence et ordre. D'autres variables visuelles ont été proposées par d'autres cartographes, entre autres : la saturation

et la configuration par Morrison (1974) ; le flou (imprécision), la résolution (des limites et des images) et la transparence par MacEachren (1995).

Actuellement, les travaux de recherche en sémiologie graphique portent sur la validité de ce cadre théorique pour lier variables visuelles et propriétés de perception visuelle dans le contexte de l'information géographique. Plusieurs travaux se sont concentrés sur les bonnes pratiques de cartographie pour sélectionner des variables visuelles adéquates en fonction des relations sémantiques entre les objets géographiques, et en particulier la couleur via les contrastes colorés et la saillance visuelle (Brewer 1994, Fabrikant & Goldsberry, 2005, Buard & Ruas 2007, Klippel *et al.* 2009, Christophe 2011, etc.). Les connaissances reposant sur la perception et la compréhension des relations entre les signes graphiques, et donc leurs significations, ont amené à une meilleure formalisation des usages et de la compréhension des représentations 2D, que sont les cartes (Cöltekin *et al.* 2009, Wilkening & Fabrikant 2011, Griffin & McQuoid 2012).

## **2.2. Méthodes utilisées pour mettre en évidence l'abstraction et le réalisme dans les représentations 2D et 3D**

La question de l'abstraction est au cœur du processus de la conception cartographique et peut être considérée d'un point de vue sémantique, géométrique et graphique. Selon (Hoarau 2015), l'abstraction est une simplification de la perception du monde réel. Mc Cloud (1994) distingue la simplification des variables visuelles et la simplification par la suppression de certains détails. La question du (photo-)réalisme, pendant longtemps associée uniquement au domaine de l'analyse d'images et des représentations 3D, et souvent opposée à l'abstraction, est à nouveau un défi à relever afin de bénéficier des apports conjugués de l'abstraction et du photo-réalisme dans les représentations 2D. Par exemple, Patterson (2002) suggère d'appliquer des textures aux zones vides dans les cartes topographiques pour les rendre plus réalistes ; Jenny *et al.* (2012) utilisent des outils de rendus graphiques pour rendre les cartes plus naturelles ; Hoarau *et al.* (2013, 2015) fournissent des techniques de rendus en s'appuyant sur la couleur, la transparence et la texture pour co-visualiser des données vecteurs et des orthophotographies, et naviguer entre abstraction et photo-réalisme. Raposo & Brewer (2011, 2013) comparent des cartes topographiques en utilisant différents fonds orthophotographiques pour tester les préférences des utilisateurs et pouvoir proposer des symbologies adaptées au basculement visuel entre cartes et orthophotographies. Beaucoup de travaux de recherche utilisent des ortho-photographies comme sources d'information dites réalistes, pour récupérer et appliquer des caractéristiques réalistes dans des représentations photo-réalistes (Crombez *et al.* 2013, Lafarge *et al.* 2010).

Un haut niveau de photoréalisme et un haut niveau de détail associé ont été les principaux objectifs des rendus 3D afin d'obtenir des visualisations de haute qualité et en haute résolution (Drettakis *et al.* 2007). Pourtant, un point de vue opposé considère que les techniques de photo-réalisme n'offrent pas des solutions optimales pour la conception de visualisations compréhensibles : faibles contrastes, bruit visuel, contours imprécis des objets, etc (Semmo *et al.* 2010). Ainsi, Kostelnick & McDermott (2011) s'interrogent sur la pertinence d'utiliser du photoréalisme (photographies ou réalité virtuelle en 3D) pour représenter des risques en fonction de leur dangerosité. Zanola *et al.* (2009) évaluent l'influence des niveaux de réalisme dans les rendus 3D sur la confiance que les utilisateurs accordent à la qualité des données. Le rendu expressif permet de styliser des modèles 3D afin d'obtenir des rendus plus esthétiques ou plus efficaces visuellement (Döllner 2007, Willats & Durand 2010, Cunzi *et al.* 2003). Döllner *et al.* (2006) identifient trois styles capables de bien représenter des rendus 3D pour la ville: photoréalistes, informatifs et

illustratifs. Ces rendus sont intégrés dans (Semmo *et al.* 2012) qui proposent un continuum de représentations.

Semmo *et al.* (2012) proposent aussi de paramétrer les méthodes de rendus pour réaliser des transitions progressives entre différents niveaux d'abstraction des représentations, ces niveaux étant évalués par la saillance des objets représentés. Le mélange de styles a aussi été adopté pour les modèles 3D (Talton *et al.* 2012) voire pour des sites web (Kumer *et al.* 2013) en utilisant une même méthodologie générique.

### 2.3. Objectif du papier et méthodologie

En s'appuyant sur la problématique et l'état de l'art, l'objectif du papier est de proposer une méthode pour transférer et adapter les bases de connaissance acquises pour les représentations 2D, les cartes, aux représentations 3D. Nous devons ainsi être capables de définir et spécifier des variables visuelles pour les représentations 3D, comme c'est le cas pour les représentations 2D.

Nous nous sommes appuyés sur des modèles conceptuels déjà existants de style et de légende pour les représentations 2D. Ici, nous ne considérons pas les adaptations possibles pour les représentations 3D : la paramétrisation des moteurs de rendus pour les représentations 3D n'a pas été formalisée spécifiquement puisque la notion de style ici repose seulement sur des paramètres graphiques, qui contrôlent le rendu final. Le style est donc pour nous une certaine combinaison de paramètres graphiques. La figure 1 illustre le modèle UML, formalisant les notions liées au style et leurs relations : un *Style* est composé de *Named Feature* (Objets nommés) auxquels on attribue des *Graphic Parameters* (Paramètres Graphiques). La spécification d'un *Style* permet d'utiliser le *Rendering Engine* (moteur de rendu) qui cherche à représenter des *Geographic Features* (Objets Géographiques).

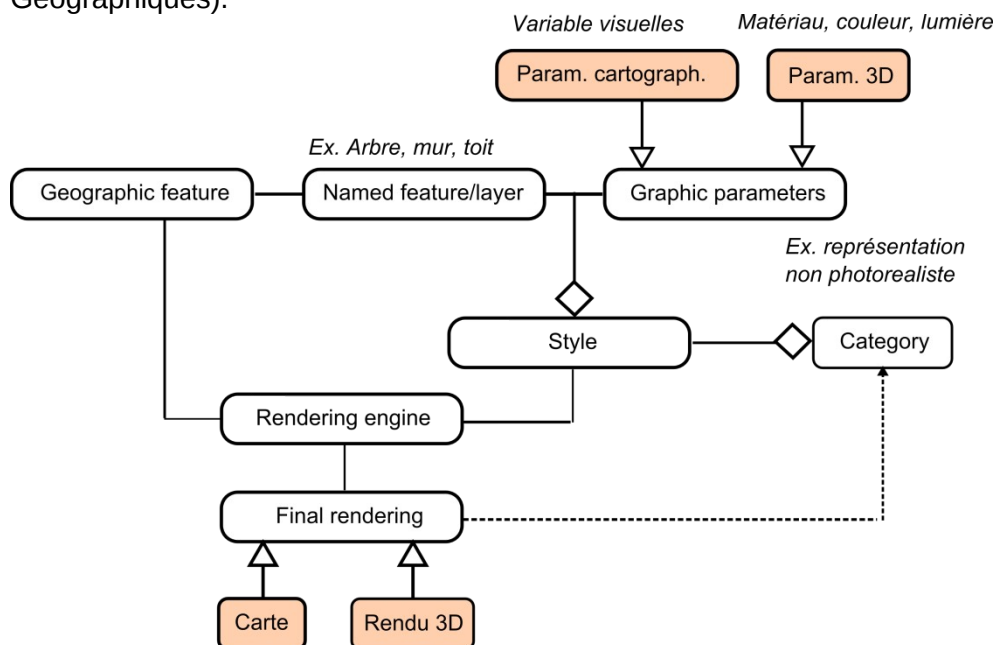


Figure 1. Modélisation UML de la notion de style considéré comme la paramétrisation de rendus

L'intérêt de cette figure est de mettre en évidence les *Graphic Parameters* qui ont pour but de fabriquer divers styles en 3D, à condition de spécifier les méthodes de rendus utilisées par la suite.

### 3. Méthodes mises en place pour créer des bases de connaissances et des catégories de styles

Dans cette partie, nous proposons diverses méthodes. Dans un premier temps, nous proposons de créer des bases de connaissances qui décrivent des styles, en s'aidant de l'étude de rendus 3D existants et utilisés pour des projets urbains (section 3.1). Ces bases de connaissances constituent ensuite un socle de styles qui permet d'extraire plusieurs catégories typiques de styles, qui reposent sur des paramètres graphiques particuliers (section 3.2). Pour illustrer nos propos, nous étudions deux classes de critères pour les catégories faisant varier le degré de photoréalisme et le niveau de détail, créant ainsi quatre catégories. Pour passer d'un style d'une catégorie à un style d'une autre, nous mélangeons les styles issus de ces catégories de façon à créer des transitions continues d'un style à l'autre (section 3.3).

#### 3.1. Évaluer des styles existants

Cette évaluation consiste à analyser différents rendus existants pour des projets urbains dans le but d'extraire les paramètres graphiques qui constituent leur style. Pour concevoir et illustrer cette méthode, des rendus présentant des projets urbains ont été étudiés (Pelloie, 2014). Ces projets mettent en valeur un unique bâtiment à construire ; les autres objets présentés dans ces rendus n'ont pas été étudiés. Cette méthode peut être décomposée en trois étapes, illustrées en figure 2, sur un rendu de style non-photorealiste.

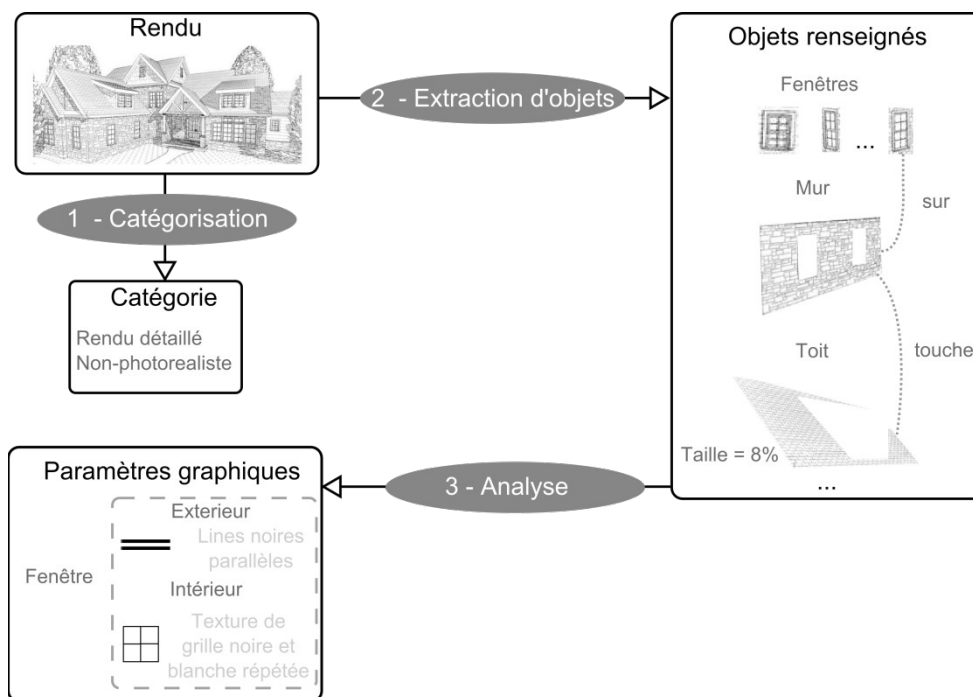


Figure 2. Méthode proposée pour évaluer un style à travers 3 étapes – Illustrations par un rendu 3D centré sur un bâtiment.

La première étape (1 - *Catégorisation*) consiste à affecter les rendus aux catégories pré-définies. Ici, nous fixons quatre catégories de styles pour les rendus 3D : photoréaliste/non-photorealiste et détaillé/ non détaillé (voir figure 3). Dans cette classification empirique, chaque rendu est classé dans une catégorie de style, en étudiant son aspect visuel.

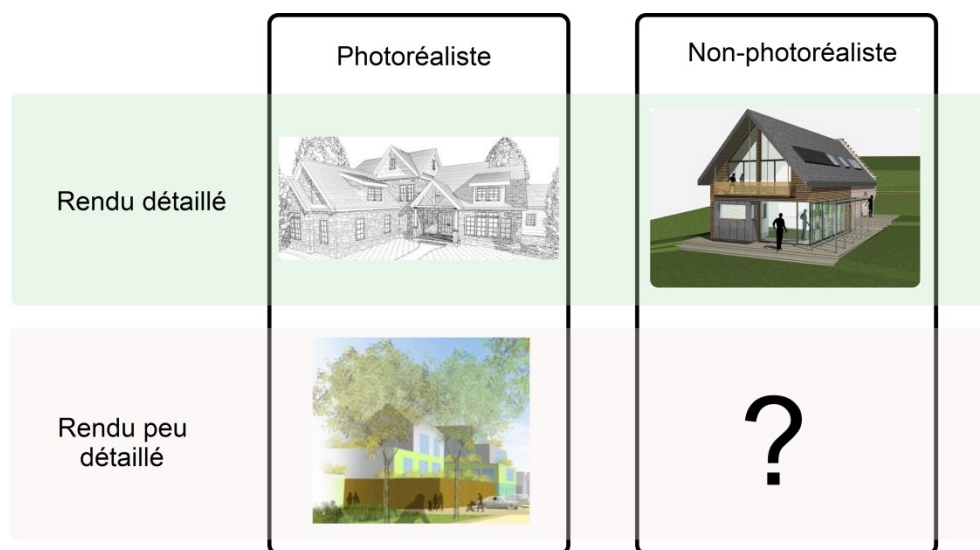


Figure 3. Quatre catégories pour classer les rendus 3D des projets urbains.

La seconde étape (2 – *Extraction d'objets*) vise à extraire des primitives graphiques élémentaires de l'objet géographique principal (le bâtiment), et ce pour chaque rendu 3D. Ainsi, on décompose l'objet principal en objets élémentaires : fenêtres, murs, cheminées, etc. On ajoute également de l'information contextuelle à l'objet géographique pour traduire son impact visuel sur le rendu global : taille relative, relations de superposition avec d'autres objets, etc. À titre d'exemple, de très petites fenêtres d'un bâtiment seront moins saillantes visuellement que des murs le long de ce bâtiment, sauf si la symbolisation de ces fenêtres est choisie pour produire un fort contraste par rapport aux murs.

La troisième et dernière étape (3 - *Analyse*) consiste à extraire les paramètres graphiques appliqués sur les objets élémentaires, extraits à l'étape précédente. Pour ce faire, nous utilisons des formalisations existantes du style et des normes OGC : *Styled Layer Descriptor* (SLD) et *Symbol Encoding* (SE). SLD a été étendu pour permettre de décrire non seulement des rendus expressifs pour la stylisation artistique (voir Christophe et al. 2015) mais aussi des paramètres graphiques 3D pour créer des rendus 3D (Neubauer & Zipf, 2007). Ces extensions ont l'avantage d'intégrer des processus spécifiques fournis par des algorithmes du domaine de l'informatique graphique. De façon à assurer une description de style à chaque catégorie identifiée, d'autres paramètres graphiques 3D globaux doivent être définis et spécifiés, comme la direction de la lumière ou l'ombrage.

### 3.2. Analyser ces bases de connaissances

Maintenant que les rendus sont catégorisés en variables graphiques et classés, cette étape a pour but de faire le lien entre les paramètres graphiques et les catégories identifiées. Elle s'effectue comme décrite en figure 4. Nous cherchons à mettre en évidence des motifs de styles utilisés en 3D pour identifier des catégories de styles. Ces motifs sont décrits par :

- **des caractéristiques inhérentes aux paramètres graphiques.** Par exemple, des lignes de crayon sur le bâtiment dans le rendu augmentent la probabilité de percevoir ce style comme non-photoréaliste. Ceci concerne le niveau de stylisation.
- **des liens sémantiques entre des paramètres graphiques et la primitive élémentaire qu'ils représentent.** Par exemple, des couleurs non conventionnelles pour un objet géographique (ce qui est le cas du rouge pour représenter la végétation) servent généralement pour des rendus artistiques ou non photoréalistes. Ceci implique de considérer des niveaux de conventions dans les rendus. La nature des liens est donc à expliciter.

- **des contrastes entre les primitives représentées.** Par exemple, choisir le même type de représentation pour des primitives voisines répond à une volonté d'uniformiser les perceptions visuelles, donc le niveau de contrastes et le type de contrastes (couleur, forme, niveau de détails).

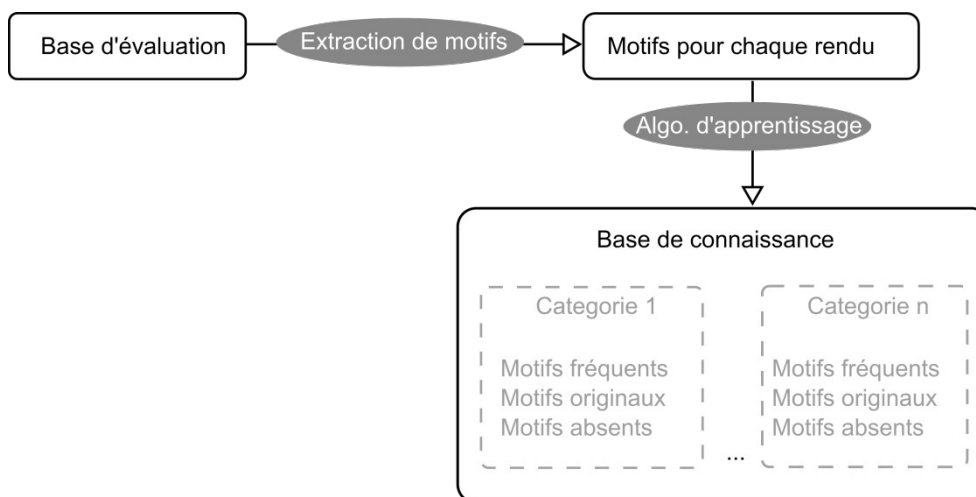


Figure 4. Production d'une base de connaissances à partir des évaluations de styles de rendus 3D existants.

Nous enregistrons dans une base de connaissances les informations décrivant l'apparition des motifs : fréquence, unicité ou absence. Ces informations permettent de créer des catégories de styles et de classer automatiquement de nouveaux rendus. De nouveaux motifs peuvent aussi enrichir la base de connaissances avec l'ajout de connaissances utilisateurs ou de nouveaux rendus préparés en accord avec l'étape précédente.

Dans ce papier, nous proposons un usage de cette base de connaissances en mélangeant divers styles, en passant par plusieurs catégories de manière à proposer un continuum entre deux styles.

### 3.3. Mélanger les styles issus des différentes catégories

Passer d'une catégorie à une autre nécessite de contrôler les paramètres graphiques et leur enchaînement au cours de la transition entre ces deux catégories, donc entre leurs deux styles : il s'agit donc de mélanger des styles.

Ces transitions fluides permettent des transformations d'un rendu, passant d'un style 1 à un style 2 ou en intégrant de nouveaux objets géographiques en préservant le style de la catégorie initiale du rendu. Il est ainsi possible d'appliquer des modifications élémentaires aux paramètres graphiques pour transformer le style en un autre, de façon itérative. Ces modifications élémentaires concernent les valeurs des paramètres graphiques (interpolations colorées diverses comme une modification de la teinte), leur substitution (comme l'interpolation de symboles, par exemple une surface passant d'un aplat de couleur à une texture photo-réaliste) (pour plus de détails, voir Hoarau *et al.* 2015).

Dans notre cas, pour guider le processus de transition entre styles, nous classons le style obtenu dans une catégorie après chaque étape de modification des paramètres graphiques, en utilisant notre base de connaissances. Nous créons ainsi des styles intermédiaires pendant le processus de transition, et donc des catégories de styles intermédiaires. Il est possible de contraindre ces styles intermédiaires, en appliquant des modifications des paramètres graphiques adaptées, de façon à rester dans une catégorie donnée. Nous

assurons par ce moyen une transition entre styles, à la fois fluide et adaptable aux utilisateurs et aux usages.

#### 4. Perspectives et programme de recherche

Ce travail de recherche a pour but à terme de concevoir un système global dont l'architecture est présentée en figure 5 et reposant sur les concepts décrits dans les parties précédente.

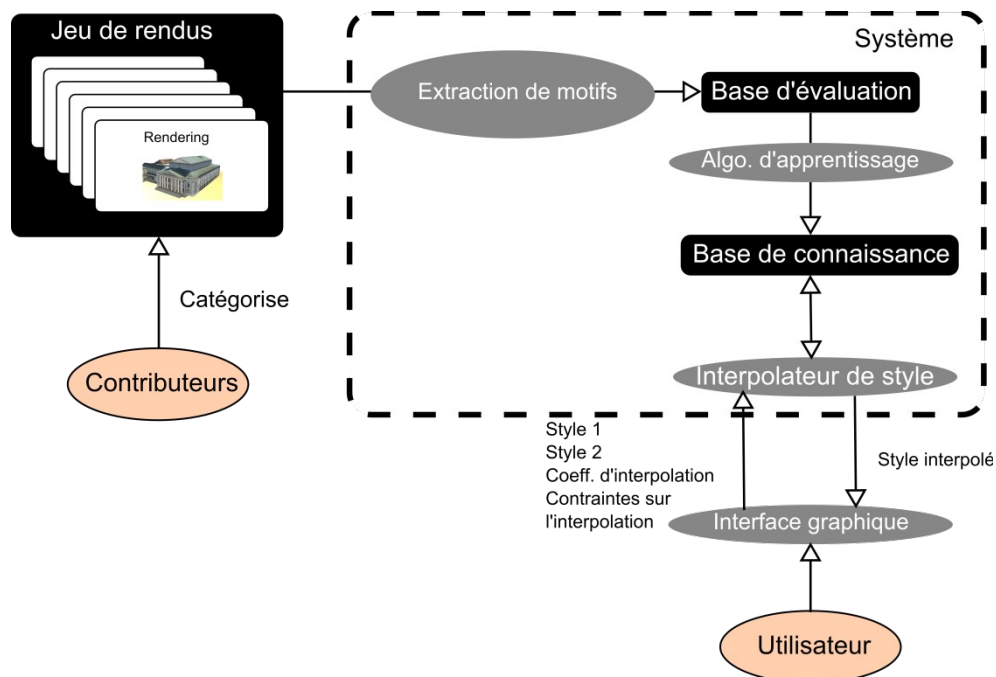


Figure 5. Schéma du système global de notre approche pour classer et mélanger les styles de rendus 3D à partir d'une évaluation de rendus existants.

Ce système repose sur des styles de rendus catégorisés. Il est nécessaire d'annoter un jeu initial de rendus par des termes définissant leurs styles. Pour cela, soit on met à contribution des utilisateurs qui doivent décrire manuellement des rendus, ce qui sert de base à la classification (Bucher et al. 2010), soit les rendus sont classés librement en suivant des principes de tri (Christophe 2012). Le jeu de rendu initial peut aussi être fourni par un administrateur du système ou par les contributeurs eux-mêmes, selon la finalité du système, que ce soient une représentation très photo-réaliste d'un projet urbain ou la cartographie symbolique pour la gestion des forêts. L'intérêt pour les contributeurs est de participer à produire une base de données de styles catégorisés (que l'on nomme base d'évaluation) à finalité sémiologique.

Quand le jeu de rendus est annoté, les motifs sont ensuite extraits de ces annotations pour produire la base d'évaluation, évoquée en section 3.1. L'extraction de motifs a pour but d'associer un jeu de motifs communs à un rendu annoté typique. Dans un premier temps, cette étape est faite manuellement. Comme elle nécessite des compétences pour identifier des informations importantes et les rentrer dans un modèle prédéterminé, cette étape pourrait être réalisée soit par des contributeurs experts soit par des experts du domaine.

La seconde étape est d'analyser les motifs obtenus. Les recherches ultérieures incluront d'abord la détection automatique des paramètres graphiques en jeu dans un rendu donné et l'intégration de contraintes préservant le lien entre les paramètres graphiques et les objets



géographiques. Des premiers résultats dans ce domaine visent à identifier les caractéristiques matérielles d'un rendu 3D (Coubard 2011) et incluent la détection automatique des paramètres graphiques associés à un objet géographique par de l'analyse d'image. Ensuite, une autre perspective est la création d'un style pour un usage et une thématique donnés. Une fois que la base de données est créée, les utilisateurs et les contributeurs peuvent effectuer des requêtes pour obtenir un style voulu en fonction de leurs objets géographiques ou une volonté d'effectuer certains processus graphiques.

L'extraction des catégories de styles pourrait être faite par de l'apprentissage sur la base d'évaluation, comme dans (Talton 2012), pour créer une base de connaissances et indiquer la présence fréquente, la présence unique ou l'absence de motifs. Une évaluation de la qualité des connaissances extraites est une phase importante pour garantir l'opérationnalité de l'approche. Cette base de connaissances est la clé du processus : elle permet en plus de catégoriser les rendus, y compris de nouveaux.

Nous envisageons de créer un interpolateur de styles dont la tâche serait spécifiquement de mélanger deux styles différents et de produire des transitions intermédiaires de manière lisse entre styles.

Il permettrait de repérer les différences entre deux styles et d'établir une liste exhaustive d'opérations élémentaires nécessaires pour passer d'un style à l'autre. Cette liste serait en fait un chemin de passages entre les deux styles, contenant une séquence de rendus intermédiaires (du style 1 au style 2), obtenus par une ou plusieurs opérations élémentaires de la liste exhaustive. Pour créer un tel chemin pertinent, l'interpolateur de style pourrait choisir des points d'amer sur les rendus sur lesquels s'appuyer pour évaluer le passage entre les styles initial, final et intermédiaires. Ces points d'amer permettraient d'inclure les contraintes externes, comme la limitation du nombre de changements de catégories ou l'interdiction de passer par certaines catégories. Ces contraintes dépendent du concepteur de l'interface finale. Des travaux doivent se concentrer sur les contraintes possibles et les meilleures méthodes pour assurer des chemins cohérents en fonction des contraintes.

Sur cette interface, les utilisateurs auraient accès à un curseur pour naviguer entre styles à partir de points d'amer, identifiés et placés par l'interpolateur de styles. Enfin, un dernier point est d'étudier comment le mélange de styles, par les transitions fluides, permet de faciliter les tâches des utilisateurs et de savoir si, quand et pourquoi les utilisateurs sont perdus dans les changements de styles.

## 5. Conclusion

Dans ce papier, nous présentons nos travaux préliminaires concernant la modélisation de bases de connaissances liées à des styles 3D et l'exploration des styles de façon à les mélanger. Nous en avons établi un programme de recherche qui consiste : à créer une base de styles 3D, extraire de la connaissance pour catégoriser les styles et concevoir un interpolateur de styles, en fonction des utilisateurs et leurs expériences.

À terme, nous souhaitons proposer un cadre unifié qui permet de décrire des rendus à la fois cartographiques et issus en paramètres graphiques 3D et de les contrôler en s'appuyant sur une unique base de connaissances dictant les bonnes pratiques de façon universelle.

À plus long terme, notre but est de créer des méthodes automatiques pour changer les styles, en 3D ou 2D, selon le contexte induit par les utilisateurs et leurs objectifs. Nous pourrions pour cela considérer et étudier d'autres types de bonnes pratiques cartographiques, pas seulement celles issues des variables visuelles, comme : l'identification des relations thématiques entre les primitives graphiques élémentaires, les propriétés des primitives assurant leur lisibilité par rapport à leurs voisines, en s'aidant des contrastes de couleurs, de formes ou de styles, ou l'ajout d'informations qualitatives ou quantitatives. Concernant les utilisateurs, nous voudrions leur fournir des outils pour créer leurs propres rendus 3D, répondant à leurs objectifs et à un style qu'ils ont imaginé.

## 6. Remerciements

Ce travail a été financé par l'IGN et le projet ANR MapStyle [ANR-12-CORD-0025].

## Bibliographie

- Bertin J., 1967, *Semiology of Graphics: Diagrams, Networks, Maps*. University of Wisconsin Press, 1983 (first published in French in 1967, translated to English by Berg W.J. in 1983).
- Brewer C.A., 1994, *Visualization in modern cartography*, chapter 7 - Color use guidelines for mapping and visualization, pages 123-147. A.M. Mac Eachren and D.R.F. Taylor, Elsevier Science, Tarrytown, NY.
- Buard E., Ruas A., 2007, Evaluation of colour contrasts by means of expert knowledge for on-demand mapping. 23rd International Cartographic Conference (ICC'15, Moscow, Russia).
- Christophe S., 2011, Creative colours specification based on knowledge (COLorLEGend system). *Cartographic Journal, The*, 48(2):138-145.
- 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*.
- Christophe S., Hoarau C., Boulanger L., Turbet J., Vanderhaeghe, D., 2015, Automatic rendering of a Cassini style, 27th International Cartographic Conference (ICC'15), Rio de Janeiro, Brasil. (abstract accepted)
- Cöltekin A., Garlandini S., Hei, B., and Fabrikant S. I., 2009, Evaluating the effectiveness of interactive map interface designs: a case study with eye movement analysis. *Cartography and Geographic Information Science (CaGIS)*, 36(1):5-17.
- Coubard F., Brédif M., Paparoditis N., Briottet X., 2011, Reflectance estimation from urban terrestrial images: Validation of a symbolic ray-tracing method on synthetic data. PIA11, International Archives of Photogrammetry, Remote Sensing and Spatial Information Sciences (IAPRS), vol. 38 (3/W22) pp. 71-76.
- Crombez N., Caron G., Mouaddib, E. M., 2013, Colorisation photo-réaliste de nuages de points 3D. In *Orasis, Congrès des jeunes chercheurs en vision par ordinateur*, Cluny, France.
- Cunzi, M., Thollot, J., Paris, S., Debunne, G., Gascuel, J.-D., Durand, F., 2003, Dynamic canvas for Non-Photorealistic walkthroughs. In: *Graphics Interface*. pp. 121-130.
- Döllner J. Baumann K., Buchholz H., 2006, Virtual 3d city models as foundation of complex urban information spaces. In Schrenk, M., editeur : *11th international conference on Urban Planning and Spatial Development in the Information Society (REAL CORP)*, pages 107–112. CORP – Competence Center of Urban and Regional Planning.
- Drettakis G., Roussou M., Reche A., Tsingos N., 2007, Design and evaluation of a Real-World virtual environment for architecture and urban planning. Presence: Teleoperators & Virtual Environments, MIT Press.
- Fabrikant S.I., Goldsberry K., 2005, Thematic relevance and perceptual salience of dynamic geovisualization displays. In *Proceedings, 22th ICA/ACI International Cartographic Conference, A Coruña, Spain, Jul. 9-16, 2005. (refereed extended abstract)*.
- Griffin A.L., McQuoid J., 2012, At the intersection of maps and emotion: The challenge of spatially representing experience, *Kartographische Nachrichten*, 62(6), 291-299.
- Hoarau C., Christophe S. and Mustière S., 2015, Sliding from imagery realism to topographic abstraction, 27th International Cartographic Conference (ICC'15), Rio de Janeiro, Brasil.
- Hoarau C., Christophe S., Mustière S., 2013, *Mixing, blending, merging or scrambling topographic maps and orthoimagery in geovisualization?*, In proceedings of the 26th International Cartographic Conference (ICC 2013), 25-30 August, Dresden, Germany.
- Jenny H., Jenny B., Cron J., 2012, Exploring transition textures for pseudo-natural maps. In Jekel, T., Car, A., Strobl, J. et Griesebner, G., editeurs : *GI\_Forum 2012 : Geovisualization, Society and Learning*, pages 130–139. Wichmann.
- Klippel A., Hardisty F., Li R., Weaver, C., 2009, Color enhanced star plot glyphs. Can salient shape characteristics be overcome? *Cartographica*, 44(3):217-232.

- Kumar R., Satyanarayan A., Torres C., Lim M., Ahmad S., Klemmer, S., Talton, J., 2013, Webzeitgeist: Design Mining the Web. Proceedings of the 31st Annual ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems, April
- Lafarge F., Gimel'Farb G., Descombes X., 2010, Geometric feature extraction by a multimarked point process. *Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on*, 32(9):1597–1609.
- McCloud S., 1994, *Understanding Comics*. A Kitchen Sink book. HarperCollins.
- MacEachren A. M., 1995, *How Maps Work : Representation, Visualization, and Design*. The Guilford Press, 2<sup>nd</sup> ed. edition edition.
- Neubauer S., Zipf A., 2007, Suggestions for extending the OGC styled layer descriptor (SLD) specification into 3D. In: Towards Visualization Rules for 3D City Models, Urban Data Management Symposium. UDMS.
- Patterson T., 2002, Getting real : Reflecting on the new look of national park service maps. *Cartographic Perspectives*, 0(43).
- Pelloie, F., 2014, Vers une sémiologie graphique 3D appliquée à l'urbanisme, Rapport de stage, Master 1 Géographie spécialité Carthagéo, Université Paris 1
- Raposo P., Brewer C. A., 2011, Comparison of topographic map designs for overlay on orthoimage backgrounds. *In 25th International Cartographic Conference*.
- Raposo P., Brewer C., 2013, Guidelines for Consistently Readable Topographic Vectors and Labels with Toggling Backgrounds. *In 26th International Cartographic Conference*.
- Semmo A., Kyprianidis J., Döllner, J., 2010, Automated image-based abstraction of aerial images. In Painho, M., Santos, M. Y. et Pundt, H., editeurs : *Geospatial Thinking*, volume 0 de *Lecture Notes in Geoinformation and Cartography*, pages 359–378. Springer Berlin Heidelberg.
- Talton J, Yang L., Kumar R., Lim M. Goodman N., Měch R., 2012, Learning Design Patterns with Bayesian Grammar Induction. Proceedings of the 31st Annual ACM SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems.
- Wilkening J., Fabrikant S.I., 2011, How do decision time and realism affect map-based decision making? In Egenhofer, editor, *10th International Conference, COSIT*, pages 1-19.
- Zanola S., Fabrikant S. I., Cöltekin A., 2009, The effect of realism on the confidence in spatial data quality in stereoscopic 3D displays. *In 24th International Cartographic Conference*.