

Raisonner sur une ontologie cartographique pour concevoir des légendes de cartes

Catherine Dominguès*, Olivier Corby**
Fayrouz Soualah-Alila*,***

*IGN, 73 avenue de Paris, 94165 Saint-Mandé cedex
catherine.domingues@ign.fr
<http://recherche.ign.fr/>

**Centre de recherche Inria Sophia Antipolis-Méditerranée
2004 route des Lucioles - BP 93, 06902 Sophia Antipolis Cedex
Olivier.Corby@sophia.inria.fr

***Université Paris Dauphine, Master ISI - Bureau P619
Place du Maréchal de Lattre de Tassigny, 75775 Paris Cedex 16
soualahfayrouz@yahoo.fr

Résumé. Concevoir une carte géographique, plus particulièrement sa légende, exige des compétences spécifiques. L'objectif de ce papier est de présenter une base de connaissances destinée à aider tout utilisateur à concevoir une ou plusieurs légendes adaptées à son besoin et conformes aux règles de cartographie. La base de connaissances est formée d'une ontologie de la cartographie nommée OntoCarto, d'un corpus de règles : OntoCartoRules et d'un moteur de raisonnement : Corese. Dans ce papier, chaque demande de conception de légende est vue comme une instanciation particulière de l'ontologie, associée à une sélection de règles pertinentes dans le corpus de règles, sur laquelle Corese va raisonner pour construire des légendes adaptées à la configuration spécifique traitée. La conception de la légende s'appuie sur la définition de deux hiérarchies d'objets géographiques et cartographiques. Les principes de fonctionnement de Corese sont présentés. Un prototype a été implémenté et des extraits des résultats sont montrés.

1 Introduction

L'accessibilité des données géographiques et la diffusion d'outils de représentation ont bénéficié du développement d'internet et ont rendu possible la conception de cartes sur mesure. Parce qu'elle illustre les intentions de son concepteur, la carte est censée délivrer un message à ses lecteurs. Les règles de cartographie et de sémiologie cartographique visent à garantir que ce message sera correctement interprété. Cependant, il arrive que ces cartes sur mesure, conçues sans compétences en cartographie, soient de mauvaise qualité, esthétiquement pauvres et surtout, que le message censé être délivré par la carte, mal construit, soit mal compris par les lecteurs. Ainsi, créer une base de connaissances sur laquelle construire des applications d'aide

Raisonner pour concevoir des légendes de cartes

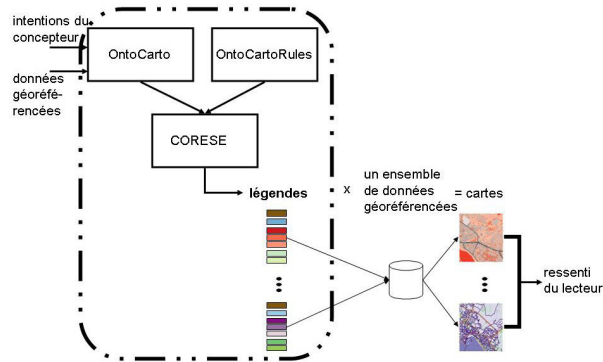


FIG. 1 – Schéma de fonctionnement de la base de connaissances.

à la construction de cartes géographiques sur mesure constitue un objectif pertinent pour Smith (2010) ou Couclelis (2010). La base de connaissances proposée ici (voir figure 1) est formée d'une ontologie de la cartographie nommée *OntoCarto*, d'un corpus de règles : *OntoCartoRules* et d'un moteur de raisonnement : *Corese*. Cette base de connaissance contient les ressources nécessaires pour construire des applications d'aide à la conception de légendes de cartes sur mesure.

L'objectif est de raisonner, à l'aide de *Corese*, sur la demande du concepteur. Le raisonnement s'appuie sur les règles contenues dans *OntoCartoRules* et construites avec les concepts de l'ontologie ; le résultat du raisonnement prend la forme de légendes conformes à la fois aux règles de cartographie et de sémiologie cartographique, et à celles traduisant les intentions exprimées par le concepteur. Le choix de modélisation est de considérer chaque demande de légendes comme une instanciation particulière de l'ontologie associée à une sélection de règles d'*OntoCartoRules* pertinentes dans ce cas particulier, et sur lesquelles *Corese* va raisonner. Cette modélisation vise à utiliser la puissance de formalisation de l'ontologie en implémentant les règles de cartographie et sémiologie cartographique, qui ne peuvent être transgressées, comme des relations entre concepts. Le raisonnement conduit par *Corese* s'appuie ensuite sur les propriétés des relations décrites dans l'ontologie, pour prendre ou non en considération les préférences du concepteur. La construction de légende s'articule sur le concept de légende ; sa définition dans *OntoCarto* est exposée dans la section 2. Le raisonnement est conduit par le moteur *Corese* qui est présenté dans la section 3. L'organisation de la base de connaissances est validée par la construction d'un prototype qui est décrit dans la section 4.

2 La légende dans *OntoCarto*

Une carte est produite par l'application d'une symbolisation à un ensemble de données géoréférencées. Son objectif est de rendre compte du message composé par le concepteur de la carte, à l'adresse de ses lecteurs. Le concepteur doit traduire graphiquement ses intentions, ce qui passe, entre autres opérations, par la sélection des données pertinentes et la définition d'une

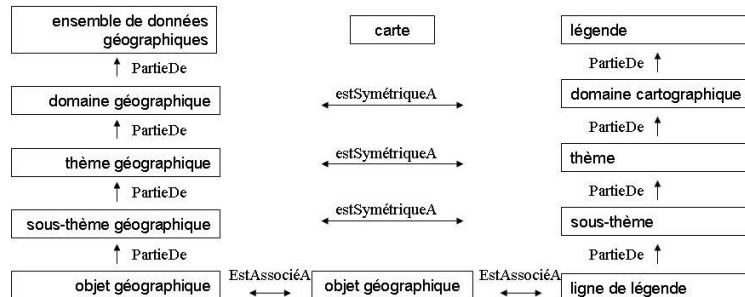


FIG. 2 – Les deux hiérarchies d'objets géographiques et d'objets de la légende. A chaque objet de ces hiérarchies correspond une classe de l'ontologie *OntoCarto*.

symbologie adaptée aux données et à ses intentions. La légende d'une carte permet de faire le lien entre les objets géographiques ou thématiques qui peuplent l'espace géographique et les objets cartographiques qui sont représentés sur la carte. La création de légendes adaptées aux intentions du concepteur s'appuie sur la définition de deux hiérarchies symétriques d'objets géographiques et cartographiques représentées sur la figure 2. L'ensemble des données géographiques est structuré en domaines géographiques ; un domaine est composé de plusieurs thèmes, un thème de plusieurs sous-thèmes, un sous-thème de plusieurs objets géographiques. La structuration des objets de la légende est symétrique à cette première hiérarchie. Les seuls objets qui supportent la symbolisation sont les lignes de légende ; les autres niveaux servent seulement à structurer les objets géographiques ou cartographiques. La structuration des objets n'est pas intrinsèque à l'espace géographique cartographié mais reflète les intentions du concepteur. D'autre part, le message de la carte est articulé sur les relations sémantiques entre objets, mises en place par le concepteur. La sémiologie cartographique dénombre trois relations : association, différenciation et ordre, et énonce des règles qui permettent de les traduire dans les symboles associés aux objets de la carte. La définition du symbole s'appuie sur les six variables visuelles de Bertin (1967) : taille, valeur, texture, couleur, orientation et forme. Définir un symbole signifie donc donner une valeur à chacune de ces variables visuelles. Celles-ci ont été interprétées et modélisées dans *OntoCarto*. L'ensemble des couleurs utilisables est en théorie infini ; cependant, pour faciliter le raisonnement, l'ensemble des couleurs manipulables a été restreint au cercle chromatique défini par Chesneau (2006). Dans le prototype proposé en section 4, seules les variables visuelles *Teinte* et *Valeur* sont manipulées par les règles d'*OntoCartoRules*.

3 La conception de légendes avec Corese

La conception de légendes s'effectue grâce au moteur Corese qui raisonne sur les concepts d'*OntoCarto* et les règles d'*OntoCartoRules*. Il s'agit de définir une teinte et une valeur pour chaque ligne de la légende, le raisonnement s'appuyant sur la structuration des objets et les relations sémantiques. Corese (Corby et al. (2004)) est une plate-forme de recherche pour le Web

Raisonner pour concevoir des légendes de cartes

sémantique implémentant les langages RDF, RDFS, SPARQL 1.1 Query & Update. Il propose également des règles d'inférence construites sur les requêtes SPARQL de type *construct-where*. La conception de légende de carte est un problème de *design* pour lequel le paradigme *generate and test* est communément utilisé. On utilise des connaissances pour engendrer des solutions partielles (*generate*) et d'autres connaissances pour évaluer la qualité de ces solutions (*test*). Les solutions partielles font l'objet de raffinements successifs qui, s'ils sont évalués favorablement, aboutissent à des solutions complètes. Les essais sont réalisés dans des contextes qui permettent de décrire les variantes, par exemple : tel objet cartographique peut être vert ou bien bleu. Les contextes, qualifiés ici d'intermédiaires, contiennent les décisions successives qui ont été prises pour y arriver. Ils peuvent être reliés par une relation de raffinement représentant la succession des étapes du raisonnement. Cette relation permet de naviguer dans la structure d'arbre d'états ainsi construite. L'application de cartographie présentée ici repose sur l'utilisation de graphes nommés (*RDF named graphs*) qui permettent de représenter les contextes de conception. En effet SPARQL Harris et Seaborne (2011) et RDF permettent la gestion d'un ensemble de graphes, appelé Dataset. Un Dataset contient un graphe par défaut (*default graph*) et un ensemble de graphes nommés. A chaque graphe nommé est associé un URI qui permet de le désigner, sans toutefois qu'il y ait de relation sémantique formelle entre l'URI et le graphe. SPARQL possède des énoncés : *graph pattern*, *from*, *from named*, permettant de préciser le Dataset que l'on souhaite interroger. Par exemple l'énoncé suivant recherche dans quels graphes *?g* les cartes *?map* ont une couleur *?col* :

```
graph ?g {?map i:hasColor ?col}
```

Les graphes nommés permettent, entre autres, de contextualiser les informations, c'est à dire de définir une portée (*scope*) dans laquelle les énoncés sont vrais. Il est donc possible de gérer des solutions alternatives afin de les comparer et les évaluer. Dans l'application présentée ici, les contextes intermédiaires sont engendrés avec SPARQL 1.1 Update (Gearon et al. (2011)) qui permet de créer et gérer des graphes nommés via la directive *insert*.

L'exemple suivant montre la création d'un état représenté par le graphe nommé *?g2*, de type *Alternative*, il raffine un état *?g1* et contient des informations sur la teinte possible d'un objet *?f*.

```
PREFIX i: <http://www.ign.fr/cartograph#>
INSERT {
  ?g2 rdf:type i:Alternative
  ?g2 i:refine ?g1
  GRAPH ?g2 {
    ?f i:hasColor ?cf
  }
}
WHERE {
  SELECT (ext:uri(?g1) as ?g2) WHERE {
    GRAPH ?g1 {
      ?f a i:Object minus {?f i:hasColor ?c}
    }
    i:Object i:hasColor ?cf
  }
}
```

En exécutant une séquence de ces requêtes, un arbre de raffinement de solutions partielles est construit. D'autres requêtes ainsi que des règles permettent ensuite d'évaluer la qualité des solutions construites, par exemple en vérifiant la qualité du contraste entre teintes.

La base de connaissances cartographiques contient un ensemble de requêtes et de règles qu'il faut exécuter pour résoudre le problème de conception. Ces requêtes traduisent des préférences du concepteur de la carte. Pour le moment ces requêtes sont prédéfinies, mais elles devront être générées à la volée à partir de la saisie des préférences du concepteur de la carte.

4 Mise en place du raisonnement à l'aide du prototype

Une application JAVA a été écrite pour faciliter la visualisation des légendes construites par Corese. Elle lance Corese puis transforme les graphes produits en légendes.

Un prototype a été construit pour valider l'organisation de la base de connaissances. Le concepteur utilise une interface de saisie pour décrire ses intentions : structure des objets, relations sémantiques entre objets, éventuelles préférences de teintes pour symboliser certains thèmes. Dans le cas particulier testé, l'intention est d'organiser les objets géographiques à représenter en quatre thèmes : *bâti*, *hydrologie*, *réseau routier* et *zone arborée*. Ces quatre thèmes sont chacun en relation de différence avec les trois autres. L'objet *réseau routier* est structuré en trois lignes de légendes ordonnées par ordre décroissant ; *zone arborée* est structuré en deux lignes non ordonnées. Les autres niveaux, par référence à la hiérarchie de la figure 2, sont absents.

Corese s'appuie sur les relations d'Ontocarto pour traduire la relation d'association par une absence de contraste de teintes, la différenciation par un contraste de teintes et l'ordre par l'ordre des valeurs d'une même teinte (voir Dominguès et al. (2009)). Pour ce cas particulier, Corese a construit plus de cinq millions de légendes différentes dont quelques unes sont affichées dans la figure 3. Le nombre de légendes produites est très élevé parce que Corese explore toutes les possibilités du cercle chromatique pour symboliser les thèmes *Route* et *Bâti* pour lesquels des préférences de teintes n'ont pas été exprimées. Pour le thème *Route* les valeurs décroissantes de la teinte (rouge pour les exemples 1 et 2, violet pour les exemples 3 et 4) montrent l'ordre décroissant des routes. Enfin, les solutions 3 et 4 diffèrent seulement par la valeur de la ligne de légende *réseau secondaire*. Le prototype a permis de vérifier que la modélisation des relations sémantiques entre objets géographiques par des relations entre concepts était pertinente ; il faut maintenant augmenter le nombre de contraintes prises en compte et raffiner l'expression des règles pour que le prototype devienne opérationnel dans des cas réels.

Références

- Bertin, J. (1967). *Sémiologie graphique : les diagrammes, les réseaux, les cartes*.
- Chesneau, E. (2006). Propositions méthodologiques pour l'amélioration automatique des contrastes de couleur - application aux cartes de risque. *Cybergéo*.
- Corby, O., R. Dieng-Kuntz, et C. Faron-Zucker (2004). Querying the semantic web with corese search engine. In *ECAI*, Volume 16, pp. 705. Citeseer.

Raisonner pour concevoir des légendes de cartes

Thèmes géographiques	Objets géographiques	Légendes
Bâti :	bâtiment	
Hydrologie :	cours d'eau	
Route :	autoroute	
	route principale	
	route secondaire	
Végétation :	forêt de feuillus	
	forêt de conifères	

FIG. 3 – *Quelques propositions de légendes produites par Corese.*

Couclelis, H. (2010). Ontologies of geographic information. *International Journal of Geographic Information Science* 24 :12, 1785–1809.

Dominguès, C., S. Christophe, et L. Jolivet (2009). Connaissances opérationnelles pour la conception automatique de légendes de cartes. *20èmes Journées Francophones d'Ingénierie des Connaissances, Hammamet, Tunisie.*

Gearon, P., A. Passant, et A. Polleres (2011). SPARQL 1.1 Update. Working draft, W3C.

Harris, S. et A. Seaborne (2011). SPARQL 1.1 Query Language. Working draft, W3C.

Smith, R. A. (2010). Designing a cartographic ontology for use with expert systems. *Proceedings of the 18th AutoCarto Conference. Orlando. USA.*

Summary

Making a map, especially a legend map, requires specific ability. This paper aims at showing a cartography knowledge base. It is designed to help the map maker to make legends which comply with cartography rules and suitable to his/her intentions. The knowledge base is made up of the OntoCarto ontology, the OntoCartoRules rule corpus and Corese, an ontology-based search engine. In this paper, every legend design query is interpreted as a specific state of OntoCarto with relevant rules selected from OntoCartoRules, according to which Corese can think logically to make legends suitable to the specific configuration. The operating principles of the knowledge base are explained. A prototype has been implemented and results are shown.