HAL
open science

Le ScaleMaster 2.0 : une extension du modèle ScaleMaster pour gérer des généralisations multi-échelles automatiques

Guillaume Touya, Jean-François Girres

To cite this version:

Guillaume Touya, Jean-François Girres. Le ScaleMaster 2.0 : une extension du modèle ScaleMaster pour gérer des généralisations multi-échelles automatiques. Cartes & géomatique, 2013, 217, pp.113-128. hal-02288772

HAL Id: hal-02288772

https://hal.science/hal-02288772

Submitted on 16 Sep 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

Le ScaleMaster 2.0 : une extension du modèle ScaleMaster pour gérer des généralisations multi-échelles automatiques

par Guillaume Touya[1] et Jean-François Girres[1,2]

[1] Université Paris-Est, IGN, COGIT
73 avenue de Paris
94160 Saint-Mandé
[2] Université Paul-Valéry Montpellier 3
Route de Mende
34 199 Montpellier Cedex 5
guillaume.touya@ign.fr
jean-francois.girres@univ-montp3.fr

Petit à petit, des bases de données géographiques, qui cohabitaient indépendamment auparavant, commencent à être intégrés dans des bases de données multi-représentations. Dans ces bases de données multi-représentation, les mêmes entités géographiques sont représentés plusieurs fois à différents niveaux de détail ou selon différents points de vue. Le modèle ScaleMaster, conçu par Brewer et Buttenfield (2007), permet de formaliser les règles de choix et de représentation des objets d'une carte pour différentes échelles, et à partir de différents jeux de données. Cet article propose une extension du modèle ScaleMaster permettant son utilisation directe dans un processus de généralisation automatique, plutôt que comme des recommandations pour une cartographie manuelle. Ce ScaleMaster2.0 a été implémenté dans une plateforme open source et testé sur des données réelles.

1 Introduction

Les progrès dans la saisie de données géographiques et l'émergence des données collaboratives permettent maintenant de disposer plus facilement de jeux de données multiples sur un même territoire (Baella et al. 2012). Ces jeux de données ont des différences de niveau de détail ou de point de vue. Par conséquence, l'espace peut être représenté de manière différente dans chacun de ces jeux de données. Cette variété des jeux de données facilite la réalisation de cartes à plusieurs échelles, chaque niveau de détail pouvant être associé à une échelle donnée. Par exemple, la base de données BDTOPO® de l'IGN peut être cartographiée au 1 : 15 000. Cependant, la réalisation de cartes entre ces échelles existantes est nécessaire, notamment pour améliorer la cartographie à la demande (un utilisateur peut avoir besoin d'une carte à une échelle différente de celles préexistantes), ou pour améliorer la fluidité des géoportails (limiter les changements de représentation brutaux entre deux niveaux de zoom). De plus, réaliser des cartes qui combinent les informations présentes dans différents jeux de données est aussi nécessaire, même quand les niveaux de détail de ces jeux de données sont différents. Par exemple, une carte pour des navettes maritimes a besoin d'informations venant d'un jeu de données bathymétrique pour cartographier la mer et d'un jeu de données topographique pour cartographier la côte. Ces deux problématiques nécessitent des techniques de généralisation cartographique adaptées.

Par conséquent, un modèle est nécessaire pour décrire et lancer des généralisations continues dans les échelles, à partir de sources de données multiples, afin de créer des cartes lisibles à des échelles intermédiaires. Pour être intégré dans des chaines de production de carte

automatiques, ce modèle doit permettre des généralisations automatiques, quelque soit l'échelle demandée. Le modèle ScaleMaster, proposé par Brewer et Buttenfield (2007), permet de décrire des règles sur de telles échelles continues, mais les cartes sont produites interactivement par des cartographes lisant le ScaleMaster. Cet article propose une extension du ScaleMaster, appelée ScaleMaster2.0, qui est interprétable par un système de généralisation automatique.

Le problème de la généralisation multi-échelles et l'état de l'art sur ce problème sont présentés dans la partie suivante. La troisième partie décrit notre proposition d'extension du modèle ScaleMaster. Ensuite, la partie 4 présente et discute les expérimentations réalisées sur des données réelles. Enfin, la partie 5 conclue et explore des pistes de recherche future.

2 Modèles pour la généralisation multi-échelles

2.1 Bases de données à représentation multiple et généralisation multi-échelles

Nous appelons Base de Données Géographique (BDG) un jeu de données géographique qui n'a pas été transformé pour des raisons cartographiques et Base de Données Cartographique (BDC) un jeu de données qui peut être cartographié à une échelle donnée grâce à une généralisation préalable (Meyer, 1986). La production de cartes revient donc, pour nous (les autres procédés cartographiques sont ignorés ici), à créer une BDC à partir d'une BDG, en utilisant la généralisation.

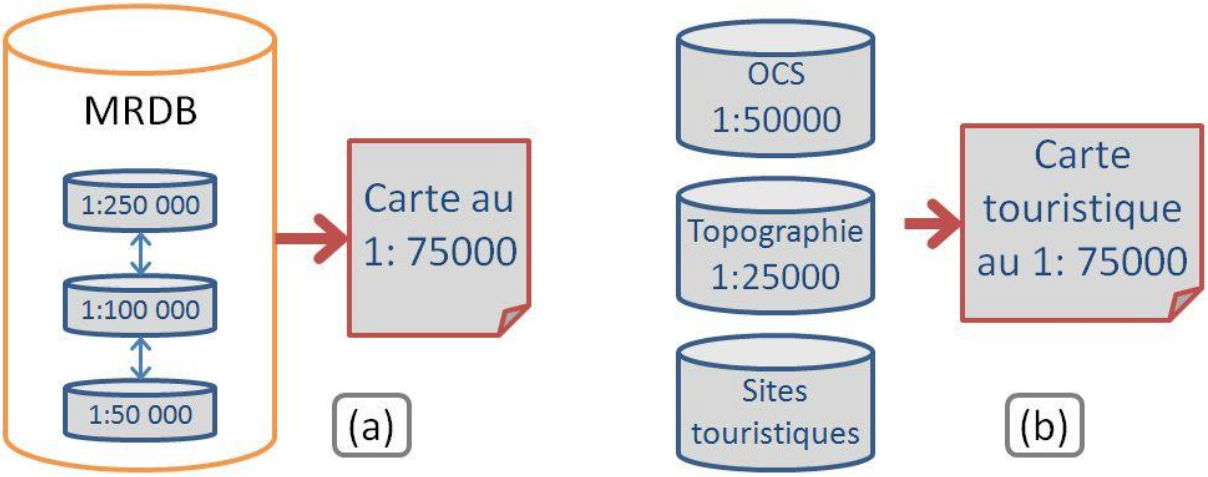


Figure 1 : (a) généralisation multi-échelles à partir d'une base de données multi-représentations. (b) généralisation multi-échelles à partir de BDGs indépendantes (Touya et Girres, 2013).

L'objectif de notre travail de recherche est de réaliser des généralisations multi-échelles, c'est-à-dire la création de BDCs adaptées à des échelles choisies dans une gamme continue d'échelles par un utilisateur : l'utilisateur peut choisir l'échelle qu'il veut. Par exemple, il doit être possible de générer une carte au 1 : 75 000 ou au 1 : 165 000 à partir d'une BDG détaillée. La généralisation multi-échelles peut être accomplie grâce à l'utilisation d'une base de données multi-représentation (MRDB) (fig. 1a), dans laquelle les représentations multiple d'une même entité correspondent à différents niveaux de détails ou différentes échelles. Cependant, la généralisation multi-échelles peut aussi être accomplie à partir de bases de données indépendantes (fig. 1b) qui contiennent des informations complémentaires devant être généralisées et mixées dans une même BDC (la cohérence entre les jeux de données n'est pas traitée dans ce travail). Dans les deux cas, le point clé est la création d'une BDC pour les échelles intermédiaires qui ne correspondent pas aux niveaux de détail des BDGs.

2.2 Etat de l'art

La production de cartes à différentes échelles, avec ou sans structures de MRDB, a été étudiée depuis de nombreuses années, en suivant l'amélioration des techniques de généralisation. La première approche définit à l'avance des échelles intermédiaires bien précises, où de nouveaux niveaux de détail, pour lesquels de nouvelles BDGs ou BDCs doivent être dérivées à partir des BDGs existantes. Il s'agit de l'approche classique utilisée par les agences de cartographie qui produisent souvent une ou deux BDGs détaillées, et souhaitent dériver de nouveaux produits à plus petite échelle

(Trévisan 2004). Deux stratégies coexistent dans cette approche (fig. 2) : la stratégie en étoile et la stratégie en échelle (Stoter 2005). Par exemple, la stratégie en échelle est utilisée à l'Institut de Cartographie de Catalogne, en Espagne (Baella et al, 2012) et la stratégie en étoile est utilisée à l'Ordnance Survey, en Angleterre (Regnauld et al, 2012). Buttenfield et al (2011) comparent les deux stratégies pour la généralisation de plusieurs BDCs hydrographiques. L'article conclut que les deux stratégies donnent des résultats assez similaires pour la simplification du réseau hydrographique quand le changement d'échelle n'est pas trop important (1 : 200 000 à 1 : 500 000 par exemple), mais que la stratégie en étoile peut poser problème quand le changement d'échelle est plus important (par exemple 1 : 200 000 à 1 : 2 000 000). Mais cette approche basée sur des échelles prédéfinies ne permet pas de générer des cartes entre les nouvelles échelles prédéfinies, quand cela est nécessaire.

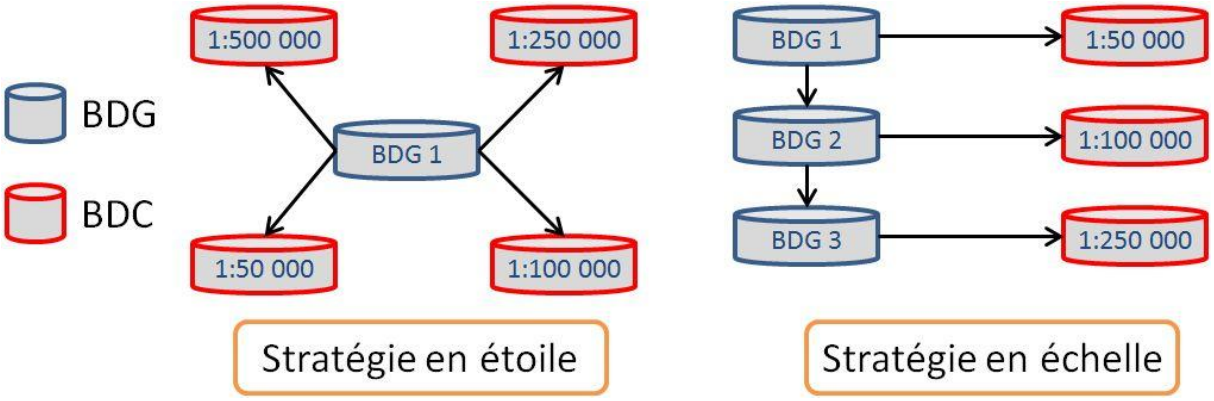


Figure 2 : Les stratégies en étoile et en échelle pour généraliser des BDC aux échelles prédéfinies (Touya et Girres, 2013).

D'autres travaux de recherche ont essayé de définir des modèles permettant une généralisation « continue », permettant de dériver n'importe quelle échelle. Le modèle ScaleMaster (Brewer and Buttenfield 2007) permet de décrire des règles continues pour cartographier un thème de la carte à une échelle donnée, dans le style d'une frise où l'échelle remplace le temps. Le modèle ScaleMaster a été utilisé pour la construction de MRDB, où il a aidé pour équilibrer les charges de travail entre les différentes tâches de généralisation nécessaire à la création de la MRDB (Brewer et Buttenfield, 2009). Il a aussi été utilisé pour un projet de généralisation multi-échelles des toponymes américains (Brewer et al, 2011). Le ScaleMaster n'est pas un outil interactif un modèle de feuille Excel permet de stocker les règles de changement de symbole pour la conception interactive de carte.

Afin de réaliser des cartes à échelle variable (c'est-à-dire des grandes échelles autour de la localisation de l'utilisateur et des petites échelles loin de l'utilisateur), Harrie et al (2002) ont proposé des déformations continues des objets de la carte à partir des données à grandes échelles.

Enfin, le dernier mais non le moindre, le modèle vario-scale (van Oosterom, 2005; van Oosterom et Meijers, 2011) est une tentative pour structurer les objets par des représentations continues à travers les échelles. Le modèle a été utilisé avec succès pour la généralisation continue de données d'occupation du sol (Meijers, 2011).

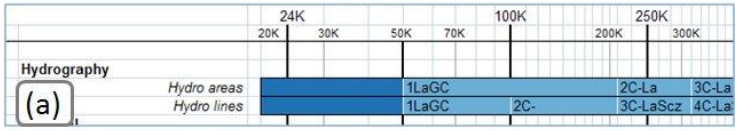
Cet état de l'art nous fournit différentes méthodes pour la généralisation multi-échelles mais qui ne reposent pas toutes sur les mêmes hypothèses sur les données en entrée et en sortie. Le cas qui nous intéresse est la généralisation multi-échelle à partir de plusieurs BDGs ayant des niveaux de détail différents, donc le modèle ScaleMaster (Brewer et Buttenfield, 2007) nous parait comme le meilleur point de départ. Le modèle ScaleMaster a un point de vue « Condition-Action » de la généralisation (Harrie et Weibel, 2007) dont les limitations, si l'on compare au point de vue « orienté contraintes », sont discutées plus loin dans l'article. La généralisation multi-échelle se situe plus au niveau du 'Global Master Plan' de (Ruas et Plazanet, 1996), qui est aussi un système Condition-Action qui encapsule des généralisations orientées contraintes comme AGENT (Barrault et al, 2001) ou les moindres carrés (Harrie et Sarjakoski, 2002; Sester, 2005). Ainsi, le modèle ScaleMaster peut être un moyen pour encapsuler des processus orientés contraintes également si cela est nécessaire. La partie suivante décrit notre proposition d'extension du ScaleMaster pour permettre des généralisations automatique de BDCs à des échelles intermédiaires.

3 **Formalisation et extension du ScaleMaster : le ScaleMaster2.0**

3.1 Vers une automatisation du ScaleMaster

Le modèle ScaleMaster est un outil très riche, mais il a été conçu pour la cartographie manuelle sur des outils SIG classiques. Si l'on souhaite l'étendre pour permettre des généralisations automatiques, certains problèmes doivent être pris en compte. Tout d'abord, le ScaleMaster utilise uniquement des opérations de symbolisation et de généralisation simples, qui peuvent être lancées sur un SIG classique (fig. 3). Malheureusement, la généralisation cartographique nécessite souvent des processus assez complexes (voir une bonne vue d'ensemble dans Harrie et Weibel, 2007) qui peuvent combiner de multiples opérations. Donc, l'extension du ScaleMaster doit être capable de manipuler des processus de généralisation complexes aussi bien que des opérations simples pour un thème donné.

Cela signifie notamment que la description des différents paramètres de ces processus simples ou complexes soit gérée de manière générique dans l'extension. En effet, ces paramètres et leurs valeurs (par exemple, entre le 1:50 000 et le 1:100 000, utilise le processus 1 avec le paramètre1 = 12) pour lancer automatiquement les processus à partir du ScaleMaster. Ce n'est pas le cas dans le modèle courant du ScaleMaster (fig. 3).



Data Themes	Operation Order for Content, Generalization, and S		
Hydrography	1	2	3
Hydro areas	**La**, reduce label font size; **GC**, High Res. hydro replaced by 50K LoD	**C-**, filter small waterbodies; La, reduce label font size	**C-**, filter small waterbodies; **La**, reduce label font size
Hydro lines	**La**, reduce label font size; **GC**, High Res. hydro replaced by 50K LoD	**C-**, eliminate diffs	**C-**, filter small waterbodies; **La**, reduce label font size; **Sc**, lighten line color; **Sz**, reduce line weight

(b)

Figure 3 : (a) Extrait d'un ScaleMaster pour des données hydrographiques. (b) les opérations liées aux abréviations utilisées dans l'extrait du ScaleMaster.

De plus, si plusieurs processus peuvent être associés pour la généralisation d'un thème donné, l'ordre d'application de ces processus (les priorités) doit être inclus dans l'extension du ScaleMaster. Par exemple, dans notre expérimentation sur données réelles, la généralisation de parcelles de zones bâties du 1 : 100 000 au 1 : 250 000 doit d'abord agréger les objets adjacents, puis sélectionner les objets dont la surface est supérieure à 10 km². Si les deux processus sont appliqués dans l'autre sens, les résultats sont complètement différents (fig. 4).

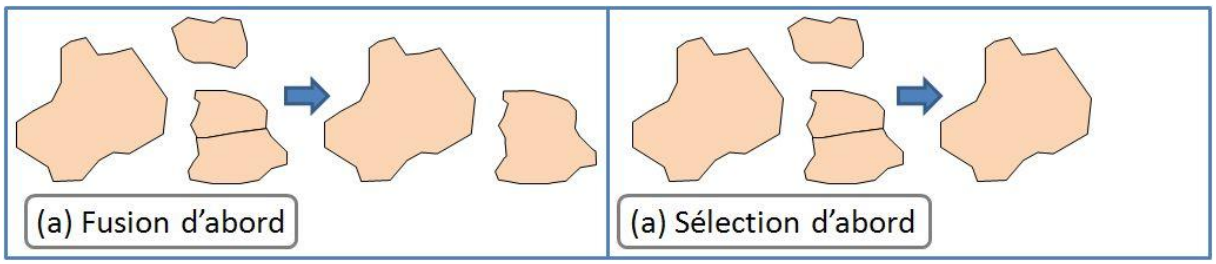


Figure 4 : Illustration de l'impact de l'ordre d'application des algorithmes en généralisation.

Enfin, la généralisation cartographique est fortement dépendante du contexte géographique, et les données initiales doivent souvent être enrichies en explicitant des structures implicites pour être généralisées correctement (McMaster et Shea, 1988; Mackaness et Edwards, 2002). Par exemple, la sélection du réseau routier nécessite l'identification des carrefours complexes comme les ronds-

points. L'extension du ScaleMaster doit donc gérer la définition des enrichissements nécessaires à la généralisation de certains thèmes.

3.2 Le Modèle ScaleMaster2.0

Compte tenu des points clés présentés dans la partie précédente, nous proposons une extension du modèle ScaleMaster qui permet des généralisations multi-échelles automatiques. Ce modèle ScaleMaster2.0 reprend les composants du modèle ScaleMaster mais les enrichit pour répondre aux besoins de l'automatisation (fig. 5).

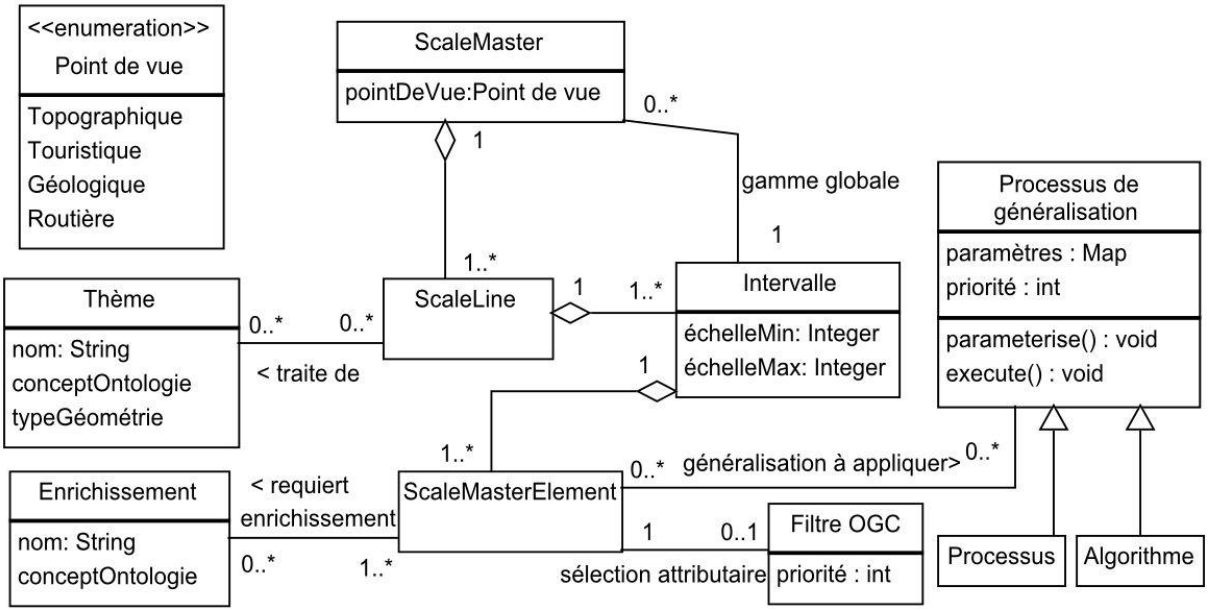


Figure 5 : Diagramme de classe UML du modèle ScaleMaster2.0.

Comme dans le modèle initial, où différents ScaleMasters étaient définis pour des cartes topographiques, routières ou géologiques, un ScaleMaster2.0 dispose d'un **point de vue** unique. Le ScaleMaster2.0 est définit pour une gamme d'échelle globale en reprenant le vocabulaire MRDB et est composé de **ScaleLines** (par analogie avec les frises, 'timeline' en anglais).

Dans la version initiale du ScaleMaster, une ScaleLine décrivait les règles de généralisation pour un thème de la carte, à travers les échelles. Dans le modèle proposé, une ScaleLine est composée d'intervalles d'échelles (par exemple, « du 1 : 25 000 au 1 : 50 000 ») où plusieurs instances de **ScaleMasterElement** sont définies, chacune contrôlant la généralisation des données d'une des sources à partir desquelles le thème est dérivé. Par exemple, le thème « cours d'eau linéaire » peut être dérivé à partir des cours d'eaux linéaires d'un jeu de données et à partir des cours d'eau surfaciques d'un autre jeu de données, et chaque généralisation étant contrôlé par un ScaleMasterElement.

Le ScaleMasterElement est le composant clé du modèle car il contient les règles de généralisation (fig. 5). Il est composé des enrichissements requis et d'un filtre, qui telle une requête attributaire, sélectionne les données appropriées pour un intervalle d'échelle donné. Ce filtre est décrit à l'aide de la norme « OGC Filter » de l'Open Geospatial Consortium. Le ScaleMasterElement comprend également plusieurs processus de généralisation, décrits avec leurs valeurs de paramètres. Des priorités sont définies sur le filtre et sur chaque processus.

Afin de permettre la réutilisation de BDCs déjà calculés par généralisation, le ScaleMaster2.0 ajoute un lien MRDB n : m entre les données initiales et les données généralisées.

3.3 Des ontologies pour contrôler le ScaleMaster2.0

Les instances de ScaleLine du modèle ScaleMaster2.0 model décrivent les règles de dérivation d'un thème donné de la carte (par exemple, les routes linéaires, ou les zones d'eau surfacique). Ainsi, le thème d'une ScaleLine est composé d'un concept géographique (une route) et

d'un type de géométrie (linéaire). Afin de garantir l'interopérabilité du ScaleMaster2.0, une ontologie de concept géographique est nécessaire pour contrôler le vocabulaire utilisé dans le thème des lignes. Plusieurs ontologies décrivant des concepts géographiques existent, et nous avons utilisé celle produite à l'IGN (Abadie, 2009).

De plus, une ontologie des algorithmes et des processus automatiques de généralisation est nécessaire pour contrôler le vocabulaire utilisé dans les ScaleMasterElements avec des processus connus du système. Les algorithmes sont des implémentations d'une opération de généralisation comme le déplacement, la simplification ou l'agrégation. Par exemple, le bien-connu algorithme de Douglas et Peucker (1973) qui filtre les points d'une ligne, est une implémentation de l'opération « filtrage ». Les processus sont des programmes informatiques complexes qui orchestrent l'utilisation de plusieurs opérations. La généralisation par moindres carrés (Harrie et Sarjakoski, 2002) et CartACom (Duchêne, 2003) sont deux exemples assez différents de tels processus qui doivent être listés dans l'ontologie pour être accessible dans le ScaleMaster2.0. L'ontologie doit donc se fonder sur une des taxonomies existantes d'opérations de généralisation (Mustière, 2001; Foerster et al, 2007; Roth et al, 2011). La taxonomie de Mustière (2001) est choisie car elle est simple, et le vocabulaire utilisé pour nommer les opérations n'est pas ambigu (fig. 6).

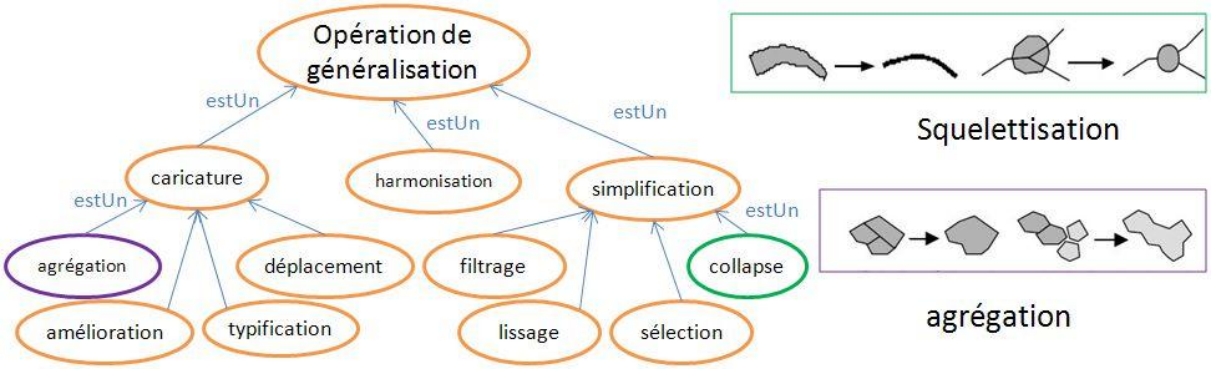


Figure 6 : Extrait de l'ontologie des opérations de généralisation et illustration de deux des opérations.

L'ontologie des algorithmes et processus de généralisation est fondée sur celle des opérations décrite ci-dessus. Des ontologies similaires existantes (Gould et Chaudhry, 2012; Touya et Duchêne, 2011) ont servi de point de départ pour construire celle que nous proposons ici. La fig. 7 montre comment est modélisée la nouvelle ontologie, centrée sur les concepts d'algorithme et de processus définis précédemment. Un algorithme (ou un processus) est adapté à un typeDeGéométrie, s'applique à des entités géographiques et a des paramètres. Un algorithme implémente un (ou plusieurs) opération(s), alors qu'un processus lance des algorithmes ou plus génériquement des opérations (par exemple, le processus de moindres carrés (Harrie et Sarjakoski, 2002) lance des déplacements).

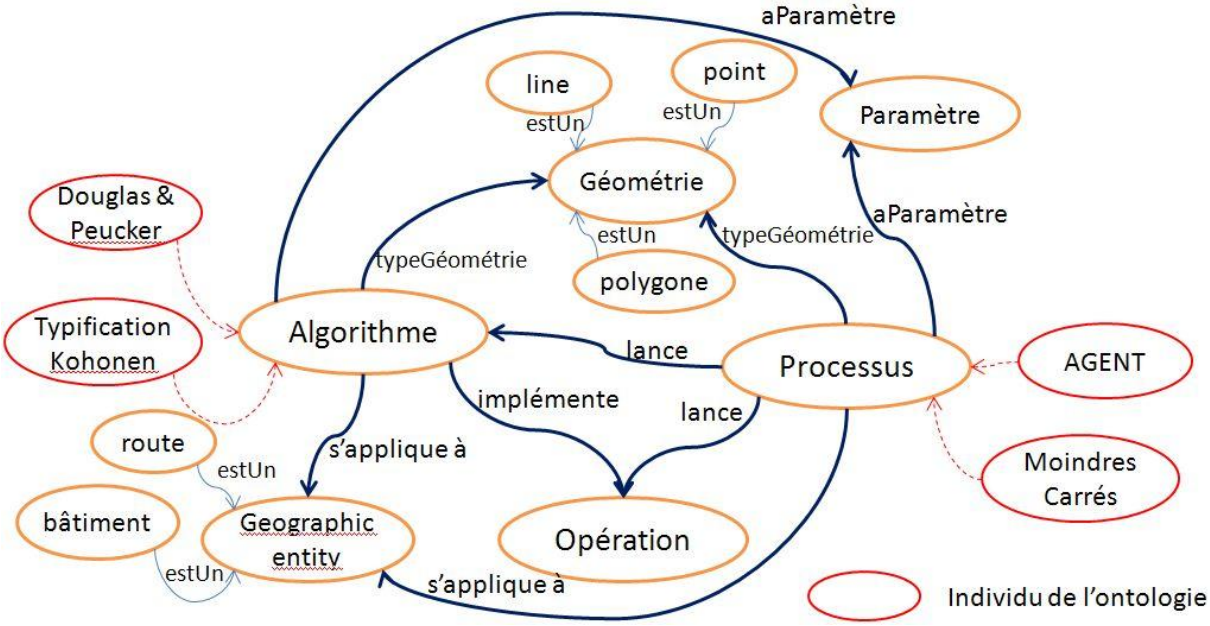


Figure 7 : Extrait de l'ontologie des algorithmes de généralisation.

3.4 Exécution automatique d'un ScaleMaster2.0

L'objectif de l'extension du ScaleMaster est de permettre des généralisations automatiques à n'importe quelle échelle à partir des connaissances contenues dans le modèle. Par conséquent, le ScaleMaster2.0 a besoin d'un moteur qui l'interprète et qui déclenche des séquences automatiques de processus de généralisation. La fig. 8 montre l'algorithme utilisé par le moteur pour déclencher ces généralisations automatiques. Il s'agit d'un algorithme assez simple qui reproduit le comportement d'un cartographe face au ScaleMaster original. Les thèmes sont généralisés de haut en bas. L'ordre des thèmes dans le ScaleMaster devrait suivre le principe "on part du sol" (Brewer et Buttenfield, 2007), c'est-à-dire, d'abord le relief, puis les thèmes hydrographiques, puis le transport routier, etc.

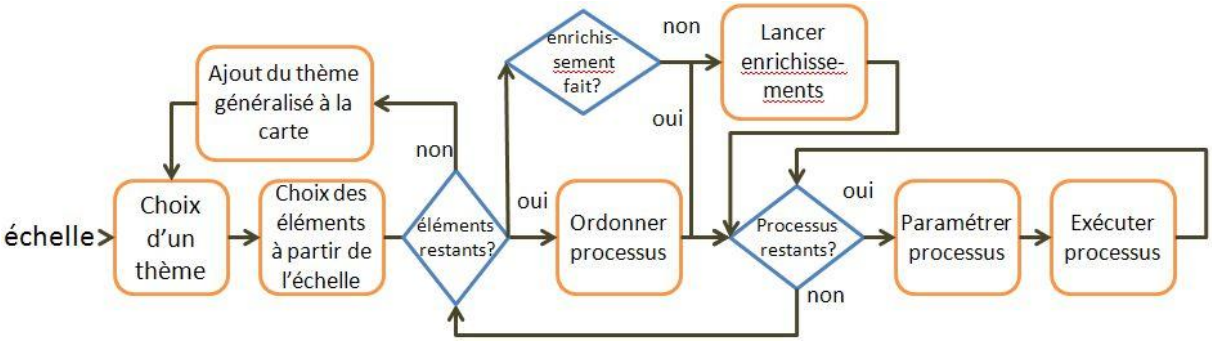


Figure 8 : Exécution automatique du ScaleMaster2.0 pour produire une BDC à une échelle donnée.

Les themes et leur ScaleLines associées sont choisies itérativement de haut en bas. Puis, les éléments correspondant à l'échelle dans la ligne sont récupérés et traités itérativement. Pour un élément donné, les processus et la requête attributaire sont ordonnés par priorité, pendant que les enrichissements nécessaires sont déclenchés si ce n'a pas déjà été fait pour un thème précédent (plusieurs processus peuvent utiliser le même enrichissement). Quand les enrichissements sont faits, chaque processus est paramétré puis exécuté sur les données décrites dans l'élément. Il n'y a aucun risque de boucle infinie car le nombre d'éléments par thème et le nombre de processus par élément, sont finis, car définis par l'utilisateur dans le ScaleMaster.

4 Expérimentations

4.1 Implémentation du ScaleMaster2.0

Pour implémenter le ScaleMaster2.0, nous avons utilisé la plateforme CartAGen (Renard et al, 2010), développée depuis 2009 par l'équipe de généralisation du laboratoire COGIT. La disponibilité, sur cette plateforme, de processus de généralisation et la possibilité de gérer plusieurs bases de données en même temps justifient l'utilisation de cette plateforme Java. L'implémentation du ScaleMaster2.0 est Open Source, faisant partie du projet GeOxygene (Bucher et al, 2012). Pour faciliter le paramétrage du modèle, trois interfaces XML sont associées au cœur Java: les fichiers ScaleMaster.xml, Parameters.xml, et Symbology.xml, comme l'illustre la fig. 9.

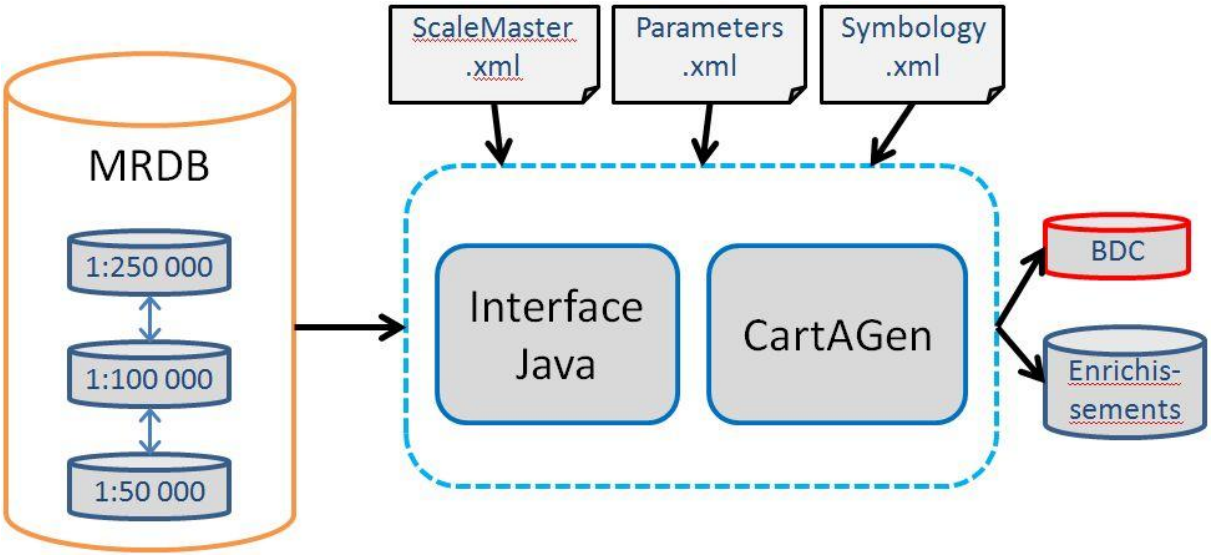


Figure 9 : Implémentation du modèle ScaleMaster2.0 à partir de la plateforme CartAGen.

Le fichier ScaleMaster.xml est une transcription XML du ScaleMaster2.0. Comme présenté dans le fig. 5, l'organisation des processus dans le fichier reprend celle d'une ScaleLine. Les requêtes attributaires de sélections sont formalisées en utilisant le formalisme XML de la norme « OGC Filter » et les processus de généralisation sont structurés en liste, chacun ayant une série de paramètres. La priorité des processus apparait également dans le fichier.

```xml
<?xml version="1.0" encoding="UTF-8"?>
<scalemaster>
    <point-of-view>CROSSING</point-of-view>
    <scale-line theme="roadl">

        <scale-interval>
            <interval-min>20000</interval-min>
            <interval-max>40000</interval-max>
            <db-name>VMAP2i</db-name>
            <class-name>fr.ign.cogit.cartagen.vmap.transport.VMAPRoadLine</class-name>
        </scale-interval>

        <scale-interval>
            <interval-min>40000</interval-min>
            <interval-max>80000</interval-max>
            <db-name>VMAP2i</db-name>
            <class-name>fr.ign.cogit.cartagen.vmap.transport.VMAPRoadLine</class-name>
            <attribute-selection priority="4">
                <ogc:PropertyIsNotEqualTo>
                    <ogc:PropertyName>tuc</ogc:PropertyName>
                    <ogc:Literal>6</ogc:Literal>
                </ogc:PropertyIsNotEqualTo>
            </attribute-selection>
            <generalisation-processes>
                <process priority="0">
                    <name>Filtering</name>
                    <params>
                        <parameter name="dp_filtering" type="Double">30 </parameter>
                    </params>
                </process>
            </generalisation-processes>
        </scale-interval>

    </scale-line>

</scalemaster>
```

Point de vue

Thème

Gamme d'échelle

Sélection attributaire

Processus de généralisation

Figure 10 : Structure d'un fichier ScaleMaster.xml.

Le fichier Parameters.xml définit l'échelle finale de la carte voulue et quelles BDGs sont disponibles comme données sources. Enfin, le fichier Symbology.xml est proposé pour décrire comment les thèmes de la carte doivent être symbolisés. La formalisation XML de cette symbolisation suit la norme SLD (Styled Layer Descriptor). Pour le moment, ces trois interfaces XML sont seulement éditables via un éditeur de texte. Néanmoins, un éditeur interactif est en cours de développement, comme le montre la fig. 10, afin de faciliter la tâche de l'utilisateur.

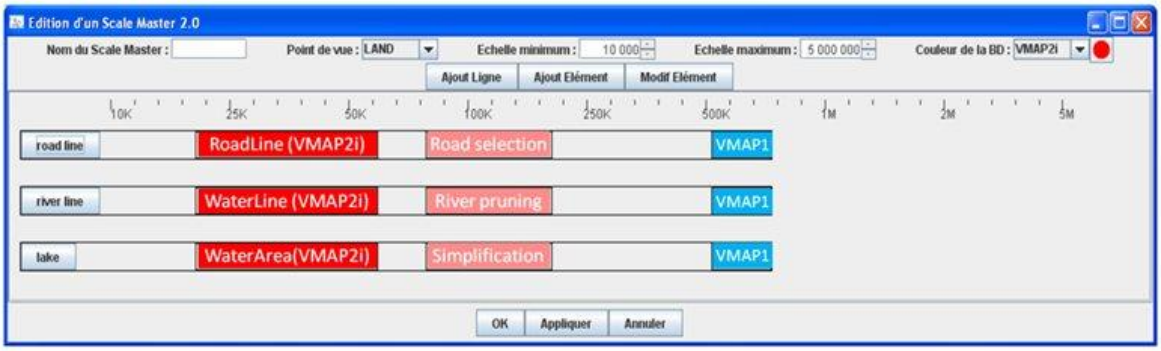


Figure 11 : An interactive editor for the ScaleMaster2.0 model.

4.2 Cas d'étude

Le modèle ScaleMaster2.0 a été testé lors d'un projet de recherche conduit par le laboratoire COGIT. Nous avons utilisé le modèle avec des données Vector Map (VMAP), un modèle multi-échelles couvrant une grande variété de thèmes à trois niveaux de détail : VMAP0 pour les très petites échelles (~1 : 1 000 000), VMAP1 pour les petites et moyennes échelles (~1 : 250 000) et VMAP2 pour les grandes échelles (~1 : 50 000).

La zone d'étude (fig. 12) est située dans la région d'Abéché (Tchad), et sa surface est d'1 degré carré, soit environ 12000 km².

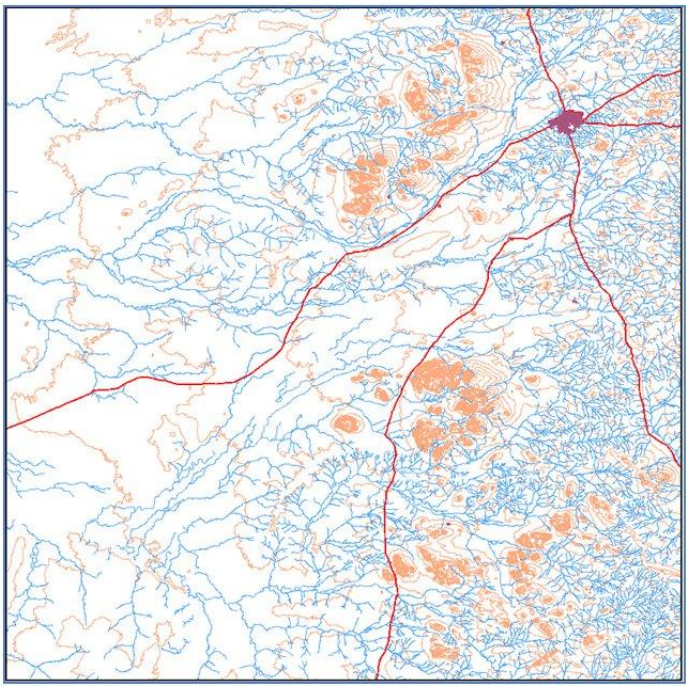


Figure 12 : la zone d'étude avec les données VMAP2.

Les thèmes suivants ont été généralisés dans notre test : routes, rivières, lacs, courbes de niveau, et zones bâties. Seuls des processus simples de généralisation ont été utilisés : filtre de Douglas-Peucker, lissage gaussien, agrégation de polygones, squelettisation, sélection du réseau routier, et simplification des courbes de niveau.

Il ressort de ces tests que le point crucial de la création d'un ScaleMaster2.0 est le paramétrage des algorithmes utilisés pour la généralisation. En effet, des expérimentations par essai/erreur ont été nécessaires pour déterminer la valeur appropriée pour chaque paramètre à chaque échelle. Pour déterminer ces valeurs, nous avons aussi utilisé des spécifications pour la dérivation du VMAP1 à partir du VMAP2. Par exemple, du VMAP2 (~1:50 000) au VMAP1 (~1:250 000), seulement une courbe de niveau sur cinq est conservée. Pour dériver des courbes de niveau au 1 : 100 000, une courbe sur trois est conservée, et au 1 : 200 000, une courbe sur quatre est conservée.

4.3 Résultats

Nous avons dérivé des BDCs à trois échelles différentes à partir des bases VMAP : 1 : 100 000, 1 : 200 000 (à partir du VMAP2) et 1 : 500 000 (à partir du VMAP1). Les résultats au 1 : 250 000 sont des extraits du VMAP1 à titre de comparaison. La dérivation du thème routier est basée sur un filtrage attributaire (les routes importantes sont conservées) et sur une sélection par Strokes (Thomson et Richardson, 1999), avec un filtrage de Douglas-Peucker (fig. 13).

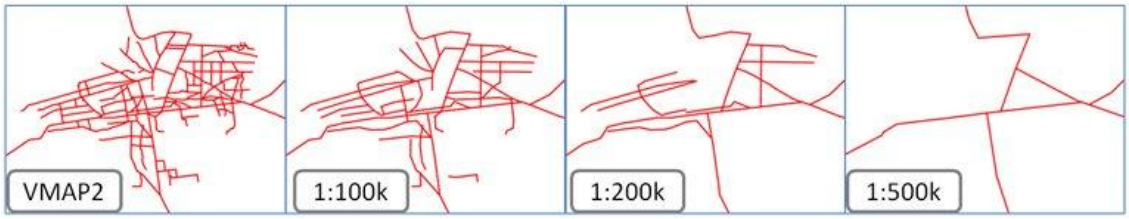


Figure 13 : Dérivation des routes à partir des bases VMAP.

La dérivation des rivières pour les trois échelles cibles repose également sur une sélection attributaire et sur un filtrage géométrique. La fig. 14 montre que l'utilisation du ScaleMaster2.0 permet bien une génération automatique de représentations continues pour un thème avec des changements lisses dans le niveau de détail.

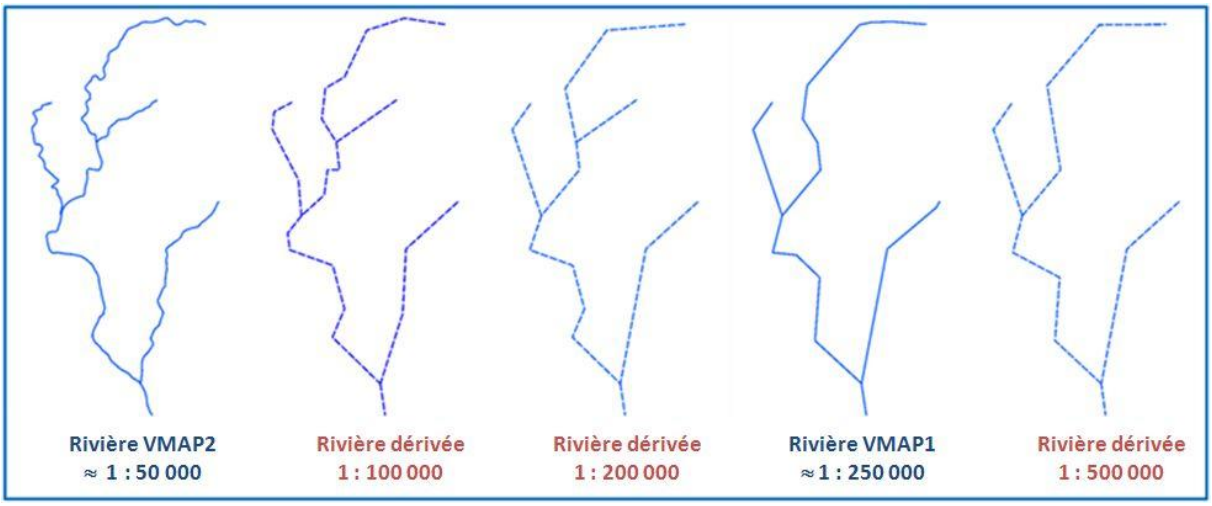


Figure 14 : Dérivation des rivières à partir des bases VMAP.

La généralisation du thème des rivières intègre également la possibilité de squelettiser les rivières surfaciques, passant de polygones à des lignes quand la largeur de la rivière est en-dessous d'un seuil (fig. 15). La largeur est elle-même calculée à partir du squelette du polygone.

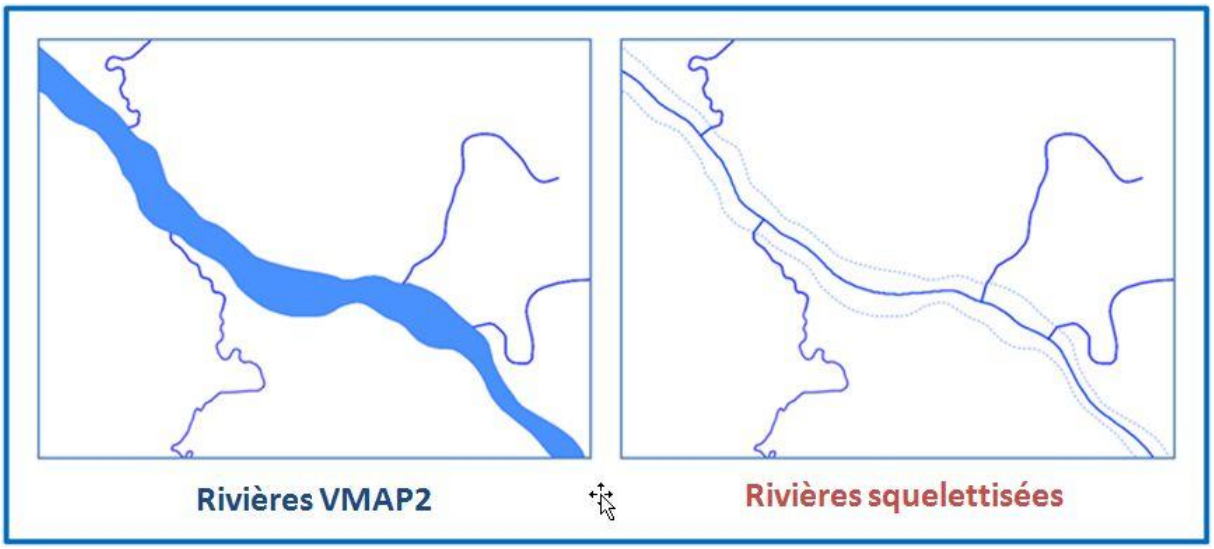


Figure 15 : Squelettisation des surfaces hydrographiques.

La généralisation des zones urbaines illustre la possibilité donnée par le ScaleMaster2.0 d'ordonner les processus de généralisation. Comme le montre la fig. 16, la dérivation des zones

urbaines au 1 : 100 000 implique l'agrégation de polygones voisins puis le filtrage de ces polygones agrégés selon leur surface (seuls les plus grands sont conservés).

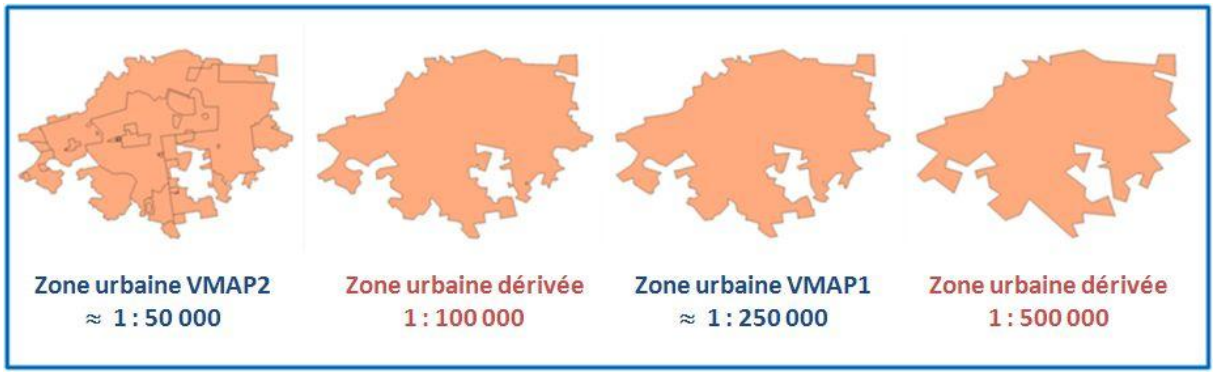


Figure 16 : Dérivation des zones bâties à partir des bases VMAP.

La dérivation des courbes de niveau (fig. 17) implique aussi deux processus : la sélection des courbes (1 sur 3 au 1 : 100 000, et 1 sur 4 au 1 : 200 000), et une légère simplification géométrique des courbes conservées.

Figure 17 : Dérivation des courbes de niveau à partir des bases VMAP.

Ces résultats montrent que le ScaleMaster2.0 permet de réaliser automatiquement des généralisations multi-échelles de bonne qualité. Le ScaleMaster2.0 est efficient en termes de temps de calcul, mais il n'a pas de prise sur l'efficience des processus qu'il utilise. Par exemple, la généralisation des cinq thèmes sur notre zone au 1 : 100 000 prend environ 10 secondes, en comptant le temps de chargement et d'export des données.

Enfin, l'enrichissement du modèle avec de nouveaux algorithmes déjà disponibles dans CartAGen nous donnera l'opportunité d'avoir des résultats encore meilleurs, particulièrement pour les thèmes qui nécessitent des algorithmes contextuels comme les routes ou les rivières.

4.4 Discussion

Bien que le modèle ScaleMaster2.0 soit assez générique pour permettre une grande diversité de généralisations, il a encore quelques limitations que nous allons discuter dans cette partie. Tout d'abord, il y a une perte par rapport au modèle original au niveau de la conception de symboles

adaptés à une échelle. Ne disposant pas de vraie information sur la symbolisation dans notre projet de recherche, nous n'étions pas capables de faire des choix de symboles donc nous n'avons pas intégré cette possibilité dans le modèle. Nous prévoyons donc une amélioration du modèle pour permettre la conception d'un symbole adapté au niveau d'un ScaleMasterElement, en utilisant la norme SLD.

Actuellement, les processus de généralisation lancés par le ScaleMaster2.0 ne concernent qu'un seul thème à la fois (par exemple, pas les routes et les rivières en même temps). Mais de tels processus sont fréquemment nécessaires, par exemple pour supprimer les superpositions de symbole entre éléments de réseaux proches, comme une route le long d'une rivière. De tels processus ne peuvent pas être inclus dans une des ScaleLines pour des raisons d'ordre d'application, donc le modèle doit être amélioré pour gérer de tels processus, par exemple en ajoutant des ScaleLines spécifiques à la fin du ScaleMaster.

Plusieurs des processus de généralisation existants sont fondés sur des mécanismes d'essai/erreur (Harrie et Weibel, 2007), mais le ScaleMaster2.0 fonctionne uniquement séquentiellement. Quand de tels mécanismes sont nécessaires pour généraliser un thème, le moyen le plus simple pour gérer le problème est d'encapsuler le mécanisme d'essai/erreur à l'intérieur d'un processus que peut paramétrer et lancer le ScaleMaster, comme cela est fait dans le modèle CollaGen (Touya et Duchêne, 2011) : le processus est lancé comme une boite noire, de la même manière qu'un algorithme simple. Le mécanisme d'essai/erreur est alors inclus dans l'exécution du processus et le reste de l'exécution du ScaleMaster se déroule normalement.

Le modèle CollaGen permet aussi de différencier les processus à appliquer suivant les types de paysages rencontrés dans la carte (par exemple, différents processus sont utilisés en zone urbaine et en zone rurale). Une extension similaire est nécessaire pour améliorer les résultats que peut fournir le ScaleMaster2.0. En effet, il est rare qu'un seul jeu de paramètres pour un processus (ou même qu'un unique processus) soit adapté à la généralisation de tous les paysages : par exemple, la généralisation du réseau hydrographique nécessite l'utilisation de plusieurs jeux de paramètres dans des paysages humides ou arides (Buttenfield et al, 2010). Un moyen simple pour résoudre ce problème serait de permettre le choix de ScaleMasterElements différents pour des paysages différents prédéfinis.

En outre, notre expérimentation illustre la difficulté bien connue en généralisation à choisir correctement les paramètres pour un processus de généralisation à une échelle donnée, quand on souhaite obtenir un résultat cartographique précis. Des tests sont nécessaires pour optimiser les valeurs de paramètres pour chacun des intervalles d'échelles du ScaleMaster. Les recherches passées ont démontré qu'il était plus facile de définir des contraintes de généralisation (Beard, 1991) à partir desquelles on extrait des valeurs de paramètres (Touya et Duchêne, 2011).

Malgré cela, nous pensons que le modèle ScaleMaster2.0 représente une bonne opportunité pour travailler sur des processus de généralisation consciente des (c'est-à-dire guidée par) multiples représentations dans les données sources. Par exemple, la généralisation multi-échelle bénéficierait de processus pouvant tenir des autres représentations (moins détaillées) d'un objet pour décider quelle opération de généralisation appliquer sur l'objet (fig. 18).

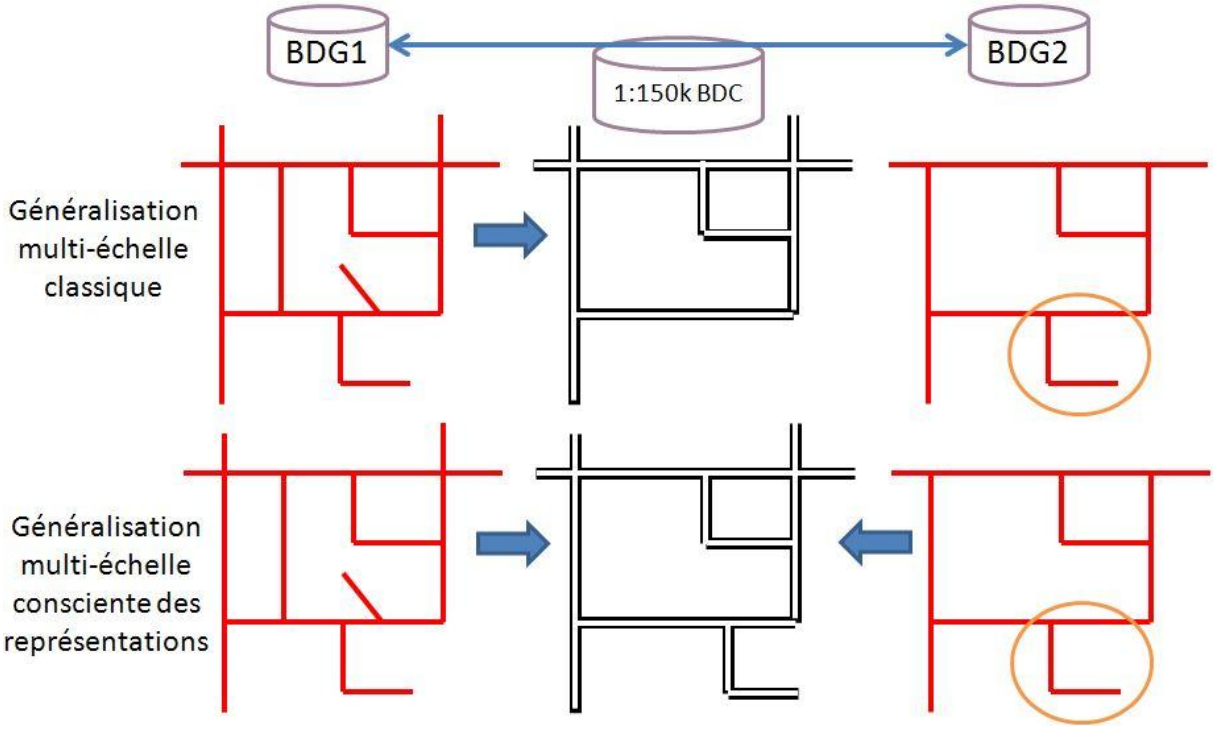


Figure 18 : Processus de sélection de routes conscient de la multi-représentation.

5 **Conclusion**

Dans cet article, nous proposons une extension du modèle ScaleMaster, le ScaleMaster2.0, qui permet des généralisations multi-échelles automatiques. Ce modèle générique peut être couplé à n'importe quel processus de généralisation et fournit des cartes à n'importe quelle échelle dérivées de sources multiples. Ce modèle a été implémenté dans la plateforme open source CartAGen, et il peut être manipulé par des fichiers XML. Le ScaleMaster2.0 a été testé sur des données réelles, avec de bons résultats, en considérant le nombre assez faible de processus qui ont pour l'instant été intégré dans le modèle.

Le ScaleMaster2.0 va devoir être testé avec un plus grand nombre de processus et il a déjà commencé à l'être. Cependant, des limitations ont déjà été identifiées. Parmi ces limitations, le modèle nécessite des améliorations pour gérer la conception de symboles, les processus multi-thèmes, ou la différenciation par le paysage. De plus, nous prévoyons de travailler sur ce que nous appelons la généralisation consciente des représentations multiples pour faire un meilleur usage des possibilités du ScaleMaster2.0.

Bibliographie

Abadie N. « Schema matching based on attribute values and background ontology », dans *Proceedings of 12th AGILE'09*, Hannover, Germany, 2009.

Baella B., Lleopart A., Pla M. « ICC topographic databases: Design of a MRDB for data management optimization », dans *Proceedings of 15th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Istanbul, Turkey, 2012.

Barrault M., Regnauld N., Duchêne C., Haire K., Baeijs C., Demazeau Y., Hardy P., Mackaness W. A., Ruas A., Weibel R. « Integrating multi-agent, object-oriented, and algorithmic techniques for improved automated map generalisation », dans *Actes de la 20ème Conférence de Cartographie Internationale*, Beijing, 2001, p. 2110-2116.

Beard K. M. « Constraints on rule formation », dans *Map Generalization*, Longman Pages, 1991, p. 121-135.

Brewer C. A., Buttenfield B. « Framing guidelines for Multi-Scale map DesignUsing databases at multiple resolutions », *Cartography and Geographic Information Science*, n°34-1, 2007, p. 3-15.

Brewer C. A., Buttenfield B. « Mastering map scale: balancing workloads using display and geometry change in multi-scale mapping », *GeoInformatica*, n°14-2, 2009, p. 221-239.

Brewer C. A., Thatcher J. E., Butzler S. J. « Combining varied federal data sources for multiscale map labeling of populated places and airports for the national map of the united states », dans *Proceedings of 14th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Paris, France, 2011.

Bucher B., Brasebin M., Buard E., Grosso E., Mustière S., Perret J. « GeOxygene: Built on top of the expertness of the French NMA to host and share advanced GI science research results », dans *Geospatial free and open source software in the 21st century*, Berlin, Springer, 2012, p. 21-33.

Buttenfield B., Stanislawski L. V., Brewer C. A. « Multiscale representations of water: Tailoring generalization sequences to specific physiographic regimes », dans *Proceedings of GIScience 2010*, Zurich, Suisse, 2010.

Buttenfield B., Stanislawski L. V., Brewer C. A. « A comparison of star and ladder generalization strategies for intermediate scale processing of USGS national hydrography dataset », dans *Proceedings of 14th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Paris, 2011.

Douglas D. H., Peucker T. K. « Algorithms for the reduction of the number of points required to represent a digitized line or its caricature », *Cartographica*, n°10-2, 1973, p. 112-122.

Duchêne C. « Automated map generalisation using communicating agents », dans *Actes de la 21ème Conférence Cartographique Internationale*, 2003, p.160-169.

Foerster T., Stöter J. E., Köbben B. « Towards a formal classification of generalization operators », dans *Actes de la 23ème Conférence Cartographique Internationale*, Moscou, Russie, 2007.

Gould N., Chaudhry O. « An ontological approach to on-demand mapping », dans *Proceedings of 15th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Istanbul, Turkey, 2012.

Harrie L., Sarjakoski T. « Simultaneous graphic generalization of vector data sets », *Geoinformatica*, n°6-3, 2002, p. 233-261.

Harrie, L., Weibel R. « Modelling the overall process of generalisation », dans *Generalisation of Geographic Information: Cartographic Modelling and Applications*, Amsterdam, Elsevier, 2007, p. 67-87.

Harrie L., Sarjakoski, L. T., Lehto L. « A variable-scale map for small-display cartography », *International Archives of Photogrammetry Remote Sensing and Spatial Information Sciences*, n°34-4, 2002, p. 237-242.

Mackaness W. A., Edwards G. « The importance of modelling pattern and structure in automated map generalisation », dans *Proceedings of the Joint ISPRS/ICA Workshop on Multi-Scale Representations of Spatial Data*, 2002.

McMaster R. B., Shea K. S. « Cartographic generalization in digital environment: A frame-work for implementation in a GIS », dans *Proceedings of GIS/LIS'88*, 1988, p.240-249.

Meijers M. « Simultaneous & topologically-safe line simplification for a variable-scale planar partition », dans *Advancing Geoinformation Science for a Changing World*, Berlin, Springer, 2011, p. 337-358.

Meyer U. « Software developments for computer-assisted generalization », dans *Proceedings of Auto-Carto*, London, 1986, p. 247-256.

Mustière S., 2001, *Apprentissage supervisé pour la généralisation cartographique*, thèse de l'Université Pierre et Marie Curie, Paris.

Regnauld N., Plews M., Martin P. « An enterprise system for generalisation », dans *Proceedings of 15th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Istanbul, Turkey, 2012.

Renard J., Gaffuri J., Duchêne C. « Capitalisation problem in research - example of a new platform for generalisation: CartAGen », dans *Proceedings of 12th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Zürich, Switzerland, 2010.

Roth R. E., Brewer C. A., Stryker M. S. « A typology of operators for maintaining legible map designs at multiple scales », *Cartographic Perspectives*, n°68, 2011.

Ruas A., Plazanet C. « Strategies for automated generalization », dans *Proceedings of 7th International Symposium on Spatial Data Handling*, Delft, Pays-Bas, 1996, p. 319-336.

Sester M. « Optimization approaches for generalization and data abstraction », *International Journal of Geographical Information Science*, n°19-8, 2005, p. 871-897.

Stöter J. E. « Generalisation: The gap between research and practice », dans *Proceedings of 8th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, La Corogne, Espagne, 2005.

Thomson R. C., Richardson D. « The "good continuation" principle of perceptual organization applied to the generalization of road networks », dans *Actes de la 19ème Conférence Cartographique Internationale*, 1999.

Touya G., Duchêne C. « CollaGen: Collaboration between automatic cartographic generalisation processes », dans *Advances in Cartography and GIScience*, Berlin, Springer, 2011, p. 541-558.

Touya G., Girres J.-F. « ScaleMaster 2.0: a ScaleMaster extension to monitor automatic multi-scales generalizations », *Cartography and Geographic Information Science*, n°40-3, 2013, p. 192-200.

Trévisan J. « From DLM to multi representation DCM - modelling an application on buildings », dans *Proceedings of 7th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Leicester, 2004.

van Oosterom P. « Variable-scale topological data structures suitable for progressive data transfer: The GAP-face tree and GAP-edge forest », *Cartography and Geographic Information Science*, n°32-4, 2005, p. 331-346.

van Oosterom P., Meijers M. « Towards a true vario-scale structure supporting smooth-zoom », dans *Proceedings of 14th ICA Workshop on Generalisation and Multiple Representation*, Paris, 2011.