

Définition d'une méthode d'extraction des mises à jour de l'information spatiale dans un réseau routier en milieu urbain

Mourad BOUZIANI, Morocco

Key words: updating, spatial databases, matching, transportation networks, urban mapping.

SUMMARY

Elaboration and update of geospatial databases often require the integration of spatial and descriptive data extracted from various sources of information. At this moment, the integration of updates in geospatial databases of the users presents some problems. One of main causes is the difficulty of extracting automatically updated information from the producer database. To automate this process of map change detection, various techniques of matching are used. This paper provides a methodology to extract geospatial updates of an urban transportation network using a geometrical and topological matching between user and producer databases. A prototype has been developed to show the utility of this methodology. An example application proves that this methodology gives good results and permits distinction of different kinds of changes.

RÉSUMÉ

L'élaboration et la mise à jour des bases de données géospatiales exigent régulièrement l'intégration de données spatiales et descriptives sur le territoire provenant de différentes sources d'information. Un producteur de données géospatiales délivre une base de données à un utilisateur qui l'utilise pour ses besoins. Cette base de données peut être par la suite mise à jour par le producteur et l'utilisateur, chacun de son côté et selon ses besoins. En conséquence, lorsque l'utilisateur désire, après une période de temps donnée, intégrer dans sa propre base de données des mises à jour fournies par le producteur, il se trouve confronté à de nombreux problèmes. En effet, l'opération d'intégration est rendue complexe en raison des conflits possibles entre les mises à jour réalisées par les deux parties. Le résultat de l'intégration présenterait donc des incompatibilités et il est possible que les mises à jours de l'utilisateur soient perdues. C'est pour cette raison que les utilisateurs des bases de données géospatiales ont besoin de mécanismes pour les aider dans le processus d'intégration. Cet article propose une méthode pour l'extraction des mises à jours de l'information spatiale dans un réseau routier urbain à travers la comparaison entre la version du producteur et celle de l'utilisateur. Cette méthode est principalement basée sur des techniques d'appariement géométrique et topologique. Cette méthode donne un taux de réussite jugé satisfaisant et permet en plus de distinguer les différents types d'évolutions spatio-temporelles subies par les tronçons du réseau routier. Un prototype a été développé pour montrer la faisabilité de la méthode proposée.

Définition d'une méthode d'extraction des mises à jour de l'information spatiale dans un réseau routier en milieu urbain

Mourad BOUZIANI, Maroc

1. INTRODUCTION

Les données à référence spatiale (DRS) constituent des abstractions des phénomènes du monde réel (bâtiments, routes, rivières etc.). Elles permettent de décrire les observations faites sur la réalité et d'alimenter les outils d'aide à la décision, de gestion et de planification du territoire tels les systèmes d'information géographiques (SIG).

La mise à jour des DRS consiste à affecter à ces données de nouvelles valeurs qui correspondent à l'état de la réalité à la date la plus actuelle possible. Dans ce contexte, certains organismes ont pour mission le captage et la mise à jour des DRS. Ils sont appelés producteurs de DRS. Ils fournissent ces données, à la demande, pour d'autres organismes qui s'en servent pour leurs applications particulières. Ces derniers organismes sont les utilisateurs de DRS. Dans plusieurs domaines d'application, les utilisateurs doivent mettre à jour régulièrement leurs bases de données afin de disposer de la description la plus récente possible du territoire et par conséquent répondre à leurs besoins d'une façon efficace.

Actuellement, la méthode utilisée pour la distribution des mises à jour entre les producteurs et les utilisateurs de DRS consiste en une nouvelle livraison de toutes les données. C'est à dire que la version récente prend la place de la version précédente. La nouvelle version des données s'avère difficile et coûteuse à intégrer dans les bases de données des utilisateurs surtout si d'autres données provenant d'autres sources ont été ajoutées par les utilisateurs aux données initiales, ce qui est souvent le cas. Devant cette situation, les utilisateurs sont souvent obligés de remplacer toutes leurs données même si les modifications ne concernent que quelques unes d'entre elles. Afin de trouver des solutions à ces problèmes et pour faciliter l'échange et le transfert de données en général et les données de mises à jour en particulier entre les utilisateurs et les producteurs de DRS, il est nécessaire de faire appel à des méthodes d'intégration simples et fiables. Celles-ci doivent permettre de minimiser les dépenses dues à l'acquisition et assurer la conservation de l'intégrité des BDRS.

Pour intégrer les modifications dans son système, l'utilisateur a donc le choix entre deux solutions (Badard 1998) soit remplacer entièrement l'ancienne version de ses données par la nouvelle; ou extraire lui même les évolutions subies par les DRS par comparaison des deux états de celles-ci. La première façon de faire est très simple à exécuter. Cependant, elle entraîne plusieurs problèmes pour l'utilisateur. Parmi ces problèmes, on peut mentionner la difficulté d'intégration de la nouvelle version et la perte des données provenant d'autres sources et des liens personnalisés par l'utilisateur dans l'ancienne version. La deuxième alternative, quant à elle, implique l'utilisation de méthodes adéquates qui permettent de constater et d'identifier les nouvelles valeurs des données géographiques. Dans ce sens, deux méthodes sont utilisées (Bédard et al. 2001): soit interactivement en reconnaissant

visuellement les changements et en modifiant directement les données dans la base de données. Cette méthode peut s'avérer longue et complexe. Ou en utilisant des techniques d'appariement (géométrique, topologique ou sémantique) pour détecter automatiquement les changements. Ces techniques permettent de trouver les liens entre les éléments de deux bases de données différentes mais qui représentent les mêmes phénomènes du monde réel.

La section suivante de cet article sera consacrée aux travaux de recherche antérieurs dans le domaine de l'appariement des DRS. La procédure proposée pour l'extraction des mises à jour sera ensuite présentée suivie par une application sur des données du réseau routier. Avant de conclure cet article, les caractéristiques de la procédure proposée seront données.

2. APPARIEMENT DES DONNÉES À RÉFÉRENCE SPATIALE

L'appariement des DRS consiste à établir des liens de correspondance entre des ensembles d'entités géographiques symbolisant les mêmes phénomènes du monde réel dans deux représentations de celui-ci (Badard 1998). Pour la construction des bases de données à référence spatiale (BDRS), les données peuvent être collectées de plusieurs sources, ce qui implique des problèmes d'intégration et de fusion des données. Pour résoudre ces problèmes, on fait appel aux techniques d'appariement. L'appariement des BDRS n'est pas un processus simple puisque les bases de données peuvent avoir différentes caractéristiques. De plus, des incohérences de position entre objets similaires peuvent se manifester et par conséquent, une simple superposition ne peut être réalisée même en utilisant des outils SIG standards. Tous ces problèmes conduisent à des coûts importants en gestion des données. Parmi les problèmes soulevés, celui de l'incohérence de position est le plus difficile à traiter. Les autres problèmes, quoique non négligeables, peuvent être résolus en faisant des décisions intelligentes pour lier les enregistrements ou résoudre les conflits d'identification. L'aspect géométrique, cependant, affecte la transformation d'un jeu de données vers un autre lorsque l'on veut préserver la topologie, fusionner des objets similaires et enrichir l'information capturée.

L'appariement géométrique n'est pas un sujet récent. Il a été abordé la première fois dans les années 80 dans un projet du United States Geological Survey (USGS) et le bureau des statistiques pour intégrer les cartes vecteur des deux organismes. Le problème était d'identifier les correspondances entre les deux jeux de données et de transformer un jeu de données vers l'autre (Saalfeld 1988).

Traditionnellement, l'appariement géométrique des réseaux est considéré comme un processus basé sur la recherche des correspondances au niveau des nœuds. Les intersections des routes, par exemple, sont prises comme points de départ dans la recherche des correspondances. Cette approche a été documentée par plusieurs auteurs (White & Griffin 1985, Lupien & Moreland 1987, Gabay & Doytsher 1995, Cobb & al. 1998). Par contre, comme il a été soulevé par Filin et Doytsher (1999), cette approche basée sur les nœuds ne fournit pas une bonne solution dans la recherche des correspondances puisque le problème est surtout basé sur les lignes plutôt que sur les nœuds. En général, les correspondances peuvent

être trouvées en comparant: les propriétés géométriques, les relations topologiques, les propriétés contextuelles.

Les propriétés géométriques définissent la position, la forme, l'orientation et la longueur des arcs. Les propriétés topologiques définissent la forme globale du réseau. Ces relations peuvent inclure par exemple les nœuds de début et de fin et des relations mutuelles telle que l'arc à gauche, l'arc à droite, la face à gauche et la face à droite. Les propriétés contextuelles peuvent correspondre à l'utilisation d'attributs non géométriques. Cela veut dire utiliser quelques propriétés ou le type d'objets pour faire l'appariement. Par exemple appairer les routes primaires avec les routes primaires et les routes secondaires avec les routes secondaires. Les recherches antérieures dans ce domaine (Rosen & Saalfeld 1985, Saalfeld 1988, Gabay & Doytsher 1995, Cobb & al. 1998, Walter & Fritsch 1999) utilisent des propriétés géométriques, topologiques et contextuelles pour formuler leurs stratégies de recherche de correspondance. Les recherches trouvées dans la littérature adoptent des approches qui sont basées sur les nœuds. Saalfeld (1988), par exemple, utilise les nœuds comme entité fondamentale d'appariement avec le critère de proximité entre nœuds comme base de comparaison. Il utilise ensuite le nombre et la forme des arcs émanant des nœuds pour estimer les nœuds candidats à l'appariement. Il inclut ensuite de l'information contextuelle comme par exemple le nom des routes. Cobb et al. (1998) ont appliqué une approche, basée sur les lignes, sur des données qui étaient similaires en contenu et en échelle. Le premier critère était l'utilisation d'attributs. Il est suivi par des critères de proximité géométriques et de relations topologiques. Gabay et Doytsher (1994) ont traité la fusion de données cadastrales. Ils ont utilisé les lignes comme entités de comparaison et leur stratégie était de comparer les objets sur la base de leur proximité. Ce qui est similaire à l'utilisation de la zone tampon.

Walter et Fritsch (1999) ont développé une approche de zone tampon grandissante en prenant en compte la possibilité d'identifier des appariements multiples. Les candidats sont détectés en utilisant la zone tampon et le problème de correspondance est résolu en adoptant un système d'appariement relationnel. La compatibilité entre les candidats est calculée en fonction de leurs attributs uniques d'une manière probabilistique. L'appariement relationnel est basé sur l'approche d'appariement de graphe. Cette approche est très exponentielle en complexité. Pour cette raison Walter et Fritsch (1999) appliquent cette approche par secteurs de dimensions limitées.

Badard (1998) a présenté une méthode de détection et d'extraction quasi automatique des mises à jour. Cette méthode qui a été développée au laboratoire COGIT s'appuie sur l'appariement géométrique entre les éléments de deux bases de données géospatiales représentant la même réalité à deux époques différentes. Ce processus réalise tout d'abord l'appariement des nœuds puis les lignes et ensuite les surface. Cette approche est la même approche qui a été utilisé dans la plupart des travaux précédents. La nouveauté dans cette méthode se situe au niveau des indicateurs utilisés pour faire l'appariement. En effet, cette méthode utilise la distance de Hausdorff pour comparer les lignes et la distance surfaciques pour comparer les surfaces.

L'utilisation des lignes comme entités de base pour l'appariement est intuitivement raisonnable surtout quand les entités à traiter en premier sont les lignes. Cependant, l'appariement de données topographiques peut impliquer des problèmes qui n'ont pas été totalement examinés auparavant. Par exemple, il est possible qu'une ligne dans une BD soit représentée par un ensemble de segments dans l'autre BD (due à la création de routes d'accès par exemple). Ce fait écarte, au moins au stade de départ, l'utilisation des critères géométriques comme la forme et la longueur comme critère de comparaison parce qu'ils sont invalides dans ce cas. En plus, lorsqu'on compare des données à des échelles différentes, les caractéristiques de forme de données changent en fonction de la généralisation et des caractéristiques cartographiques utilisées. Avec ces contraintes, l'utilisation des propriétés contextuelles semble être prometteuse, mais elle a aussi ses limites. Ceci parce que les données ne sont pas toujours consistantes (logiques ou cohérentes) en raison des dates de révision différentes, des interprétations différentes, ou simplement à des légendes différentes. Ceci peut écarter ou tout au moins réduire la possibilité de trouver des correspondances. En plus, dans les zones denses où les attributs contextuels peuvent aider pour distinguer entre les données, les types de primitives sont souvent homogènes et, par conséquent, pas très utiles. Parce que les données extraites des cartes topographiques ne sont pas très riches en information autres que les types de primitives, l'information de contexte n'est pas très utile, excepté pour la simple distinction entre les cours d'eau, les chemins de fer et les routes.

Il ressort de ce qui précède que des problèmes liés à l'appariement sont toujours existants, ce qui se traduit par des taux de réussite n'atteignant pas toujours la satisfaction des utilisateurs. Pour les utilisateurs de DRS, la problématique d'utilisation des techniques d'appariement réside tout d'abord dans la difficulté de définir clairement les critères qui permettent de définir les liens de correspondance entre les entités géographiques (Filin et al. 1999). Ensuite, il faut ajouter à cela la difficulté de trouver les techniques d'appariement qui traduisent le plus fidèlement ces critères afin d'identifier les liens de correspondance (Walter et al. 1999). Finalement, il est très complexe de traduire ces critères de correspondance en un processus informatique automatique (Devogele 1996).

3. METHODE PROPOSÉE POUR L'EXTRACTION DES MISES À JOURS

L'appariement des BDRS représentant des réseaux routiers qui ont été créés à des dates différentes est une opération importante pour la manipulation et la gestion des données routières. La nouvelle version est considérée comme une couche de contrôle et les correspondances avec les routes de l'ancienne version sont établies. Malgré les études existantes, plusieurs problèmes persistent. Par exemple, dans les recherches existantes, l'appariement linéaire a été fait en se basant sur la correspondance des nœuds et en utilisant la technique de la zone tampon. Dans le cas où plusieurs arcs sont proches, l'identification des correspondances est une tâche difficile. Dans cette étude, nous proposons une procédure à plusieurs étapes qui permet de mesurer les ressemblances et les différences entre deux réseaux routiers avec plus de précision. Cette procédure a été appliquée dans un cas concret pour l'extraction des mises à jour d'un réseau routier.

Un réseau routier est constitué de plusieurs routes. Chaque route est formée par un arc ou plusieurs arcs. Chaque arc est composé de un ou plusieurs segments et est limité par deux nœuds. Dans cette logique, chaque arc est connecté à un ou plusieurs autres arcs appartenant à la même route ou à des routes différentes. Il est donc important que la procédure proposée tienne compte de ces quatre types d'éléments entrant dans la définition géométrique des données linaires, à savoir les nœuds, les segments, les arcs et la connexion entre les arcs. Pour inclure ces différents éléments, nous adoptons une stratégie globale d'appariement qui inclut trois grandes phases: l'identification des couples d'arcs candidats à l'appariement, l'appariement des arcs et l'extraction des mises à jours.

La première phase qui consiste à l'identification des couples d'arcs candidats à l'appariement utilise une technique d'appariement basée sur la comparaison du voisinage. Elle est composée de 3 étapes: la superposition des données géométriques des deux versions, l'appariement basé sur le voisinage et l'identification des couples d'arcs candidats à l'appariement. L'objectif de cette phase est de focaliser la suite des traitements à un nombre réduit de couples d'arcs candidat à l'appariement et d'écarter toutes les correspondances improbables.

La deuxième phase consiste à faire l'appariement proprement dit. Elle constitue le corps de la procédure d'appariement proposée. Cette phase comprend à la fois des techniques pour l'appariement des arcs, pour l'appariement des segments, pour l'appariement des nœuds et pour la vérification de la connexion entre les arcs. La phase de l'appariement est exécutée en 5 opérations ordonnées. L'ordre de ces opérations est indiqué dans la figure 1 par des flèches numérotées de 1 à 5.

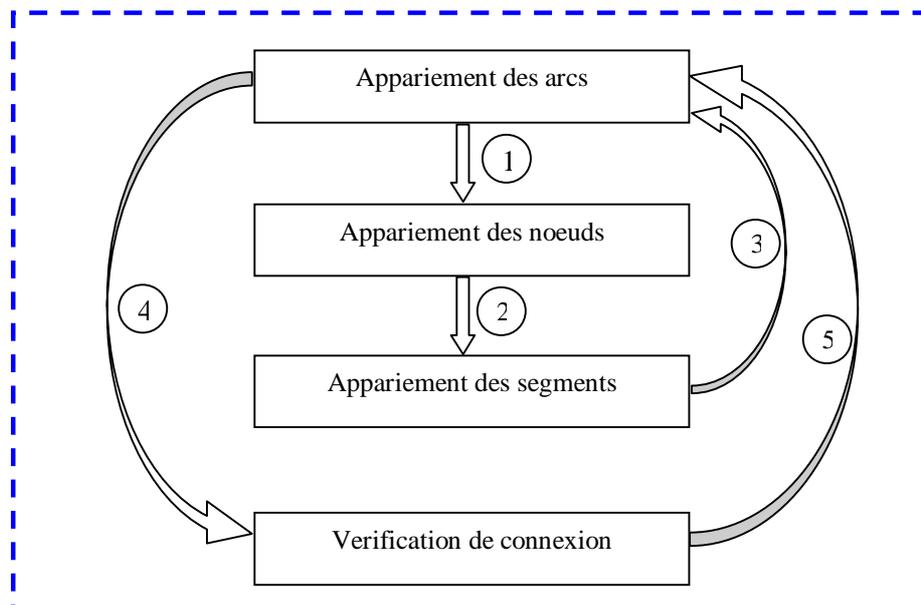


Figure 1: Etapes de la phase d'appariement géométrique linéaire

La troisième étape d'extraction des mises à jour consiste à identifier et à extraire les changements entre les deux versions de données et de les classer en 3 grandes catégories: données inchangées, données supprimées et données ajoutées.

Le fonctionnement générale de la procédure est le suivant: dans un premier temps, les arcs candidats à l'appariement sont identifiés dans les deux jeux de données en se basant sur une comparaison de voisinage entre les arcs. Dans un deuxième temps, l'appariement des arcs est enclenché suivi de l'appariement des noeuds et de l'appariement des segments. Ensuite, l'appariement des arcs est réactivé pour calculer l'appariement au niveau des arcs en se basant sur les résultats de l'appariement des segments et celui des noeuds. L'appariement des arcs ainsi que l'appariement des segments se basent sur le calcul d'indicateurs de position, d'orientation, de forme et de longueur. L'appariement se termine avec une vérification de connexion entre les arcs. Les résultats de l'appariement sont finalement exploités pour déduire les changements géométriques qui existent entre les deux versions de données et pour extraire ainsi les mises à jour survenues entre les deux versions.

4. APPLICATION

4.1 Données

La procédure proposée a été implantée sous ARCGIS en utilisant le langage de programmation VBA. Pour tester la procédure proposée, des données représentant le réseau routier de la commune urbaine de Montréal à deux dates différentes ont été utilisées. La version ancienne représente les données de la base de données des schémas d'aménagement (BDSA) de 1994 alors que la nouvelle version représente les données de la base de données topographique de Québec (BDTQ) de 1999. Les figures 3 et 4 donnent des exemples de différences géométriques entre les deux versions.

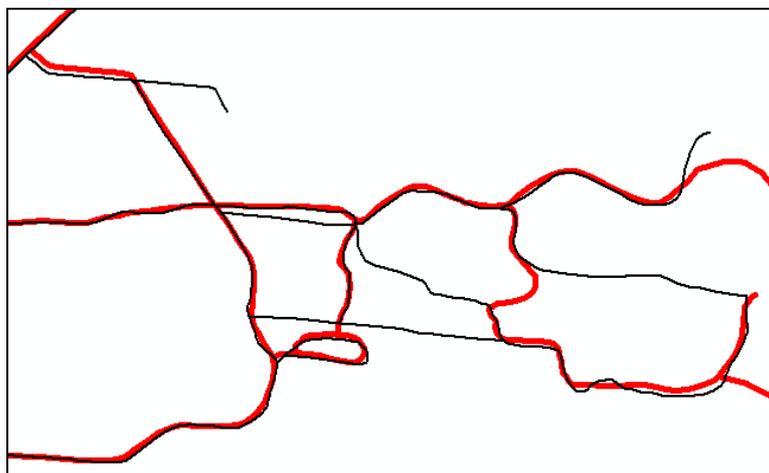


Figure 2: Exemple de comparaison de la géométrie du réseau routier: en rouge la BDSA (version de 1994) et en noir la BDTQ (version de 1999).

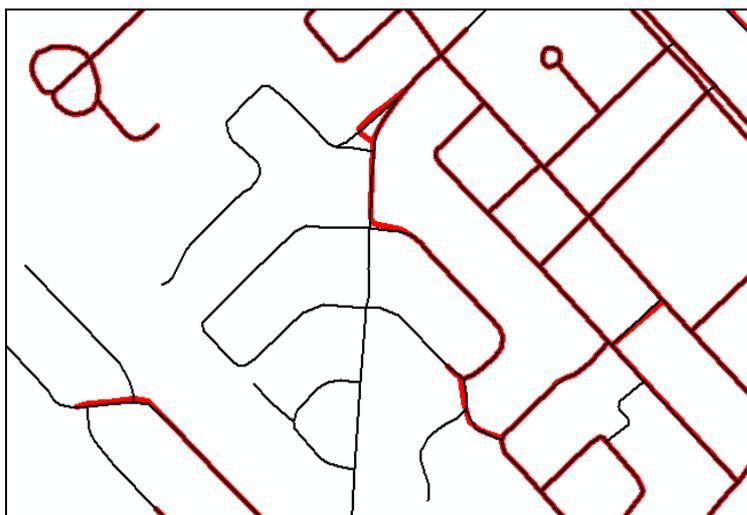


Figure 3: Exemple de comparaison du contenu géométrique: en rouge la BDSA (version de 1994) et en noir la BDTQ (version de 1999)

4.2 Résultats

4.2.1 Appariement géométrique

L'application de la procédure d'appariement pour trouver la correspondance entre les deux réseaux a donné un taux de réussite de l'ordre de 95%. La confrontation a été effectuée en comparant les résultats de la procédure proposée avec les correspondances réalisées d'une façon interactive. Le détail des résultats d'appariement est donné dans le tableau suivant:

Nombre d'arcs	10601
Taux des liens prononcés	99%
Taux des liens non prononcés	1%
Taux de réussite pour les liens validés	96%
Taux de réussite pour les liens rejetés	94 %

Tableau 1: Résultats d'appariement géométrique.

4.2.2 Extraction des mises à jour

L'extraction des mises à jour a été réalisée en exploitant les résultats de l'appariement géométrique. Ainsi, il a été possible de distinguer les données ajoutées, celles supprimées et celles inchangées. La figure 5 donne un exemple graphique des résultats de l'extraction des mises à jours, alors que les tableaux 2 et 3 montrent les matrices confusion qui permettent de

présenter le résultat de l'évaluation de cette phase par rapport aux résultats d'une extraction interactive.

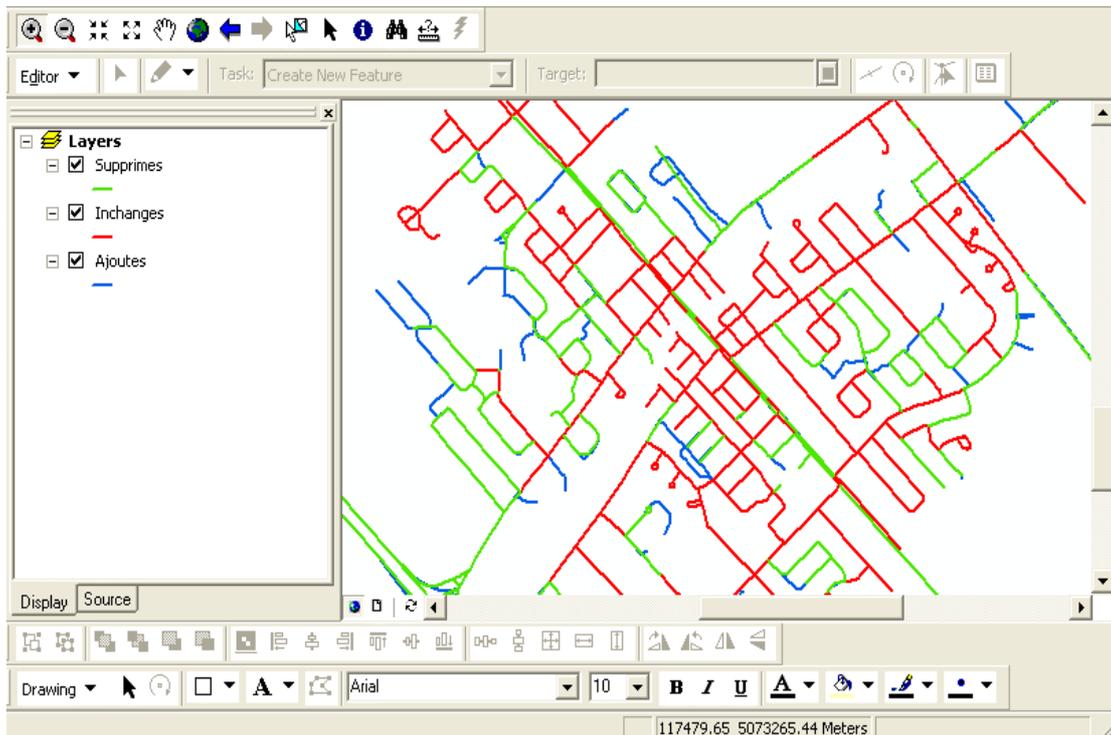


Figure 4: Exemple des résultats graphiques de l'extraction des mises à jours

		Méthode interactive			Erreur de commission
		Arcs inchangés	Arcs modifiés	Arcs supprimés	
Procédure proposée	Arcs inchangés	90%	0%	2%	2%
	Arcs modifiés	3%	93%	5%	8%
	Arcs supprimés	3%	4%	89%	7%
	Arcs classés non	4%	3%	4%	
	Total	100%	100%	100%	
	Erreur d'omission	4%	3%	4%	

Tableau 2: Résultats de l'évaluation de l'extraction des mises à jour pour la version de la BDSA

		Méthode interactive			Erreur de commission
		Arcs inchangés	Arcs modifiés	Arcs ajoutés	
Procédure proposée	Arcs inchangés	91%	1%	0%	1%
	Arcs modifiés	1%	93%	5%	6%
	Arcs ajoutés	3%	4%	90%	7%
	Arcs classés non	5%	2%	5%	
	Total	100%	100%	100%	
	Erreur d'omission	5%	2%	5%	

Tableau 3: Résultats de l'évaluation de l'extraction des mises à jour pour la version de la BDTQ

5. CARACTERISTIQUES DE LA PROCEDURE PROPOSEE

La procédure proposée est composée de trois phases: l'identification des couples d'arcs candidats à l'appariement, l'appariement des arcs et l'extraction des mises à jour. Chacune de ces phases utilise des concepts géométriques simples permettant ainsi à la procédure proposée la possibilité d'être implantée dans n'importe quel environnement puisqu'elle est indépendante de la technologie utilisée. Pour la tester, elle a été implantée sur la technologie ARCGIS en utilisant le langage de programmation VBA. Les données utilisées pour les tests représentent le réseau routier à deux versions différentes: la version 1994 de la BDSA et la version 1999 de la BDTQ. Les résultats des tests ont montré que la procédure proposée donne un taux de réussite supérieur à 90%. La qualité des résultats donnés par la procédure proposée est due à plusieurs raisons. Premièrement, la procédure proposée fait la comparaison entre les arcs en se basant sur plusieurs indicateurs qui permettent de bien qualifier l'appariement: un indicateur de position, un indicateur de forme, un indicateur d'orientation et un indicateur de longueur. Le calcul de ces différents indicateurs permet de donner une idée claire sur le degré de proximité et de ressemblance entre les arcs comparés. Deuxièmement, la procédure proposée fait la comparaison à plusieurs niveaux: comparaison des nœuds, comparaison des segments et comparaison des arcs. Ceci permet de prendre en compte tous les éléments qui rentrent dans la définition géométrique des arcs. Troisièmement, elle est adaptée pour comparer des arcs de longueurs différentes en détectant leurs parties homologues. La procédure proposée détecte en premier lieu les parties homologues entre deux arcs et calcule ensuite les indicateurs entre ces parties homologues. Ainsi le calcul des indicateurs se fait en comparant les parties homologues et non sur la totalité des arcs. Cet avantage est important surtout pour détecter les appariements multiples. Si aucune partie homologue n'est détectée, il n'y aura pas de calcul d'indicateur et l'appariement n'aura pas lieu. Quatrièmement, la

procédure proposée est bien adaptée pour détecter les appariements multiples. Ce genre d'appariement est plus difficile à détecter que les appariements simples. Les résultats des tests ont révélé l'existence de certaines erreurs durant l'identification des changements géométriques. Ces erreurs sont dues à la difficulté de traduire la notion de ressemblance d'une façon unique et de l'appliquer pour tous les cas. Mais malgré ces erreurs, les résultats obtenus sont très encourageants pour continuer la recherche d'une amélioration de la procédure proposée.

6. CONCLUSION

L'utilisation des techniques d'appariement permet de faciliter le processus d'extraction des mises à jour à partir de la base de données du producteur et de les intégrer dans la base de données de l'utilisateur. Cette approche permet de résoudre des problèmes générés par une situation caractérisée par l'absence de méthode intelligente de diffusion de l'information géospatiale. Dans ce sens, il serait souhaitable d'orienter la recherche vers la définition d'une méthode de stockage des données des mises à jour chez les producteurs pour faciliter leur transfert aux utilisateurs.

REMERCIEMENTS

L'auteur tient à remercier le Ministère des Affaires Municipales et de la Métropole du Québec qui a fourni gracieusement les données qui ont servi à tester la procédure proposée.

REFERENCES

- Badard, T. (1998) *Extraction des mises à jour dans les BDG - de l'utilisation des méthodes d'appariement*. Revue Internationale de Géomatique. Vol.8, No.1-2, p.121-147.
- Beyen, J. and Henrion, J. (1998) *Updating topographic databases with Arc Info; Client-Fitted creation of change-only information*. IAPRS, Stuttgart, p.59-64.
- Bédard, Y., Pouliot, J., Nadeau, M., Larrivée, S., Caron, C. and Joanes, A.M. (2001) *Projet M@JIC - Inventaire et constat sur les méthodes actuelles de mises à jour de données géospatiales*. Centre de Recherche en Géomatique, Université Laval, Ste-Foy, 19 p.
- Bouziani, M. and Pouliot, J. (2002) *Inventaire et analyse des opérateurs d'appariement géométrique d'objets géographiques linéaires*. Colloque géomatique 2002, Palais des Congrès de Montréal., Montréal, Québec, Canada, 30 et 31 octobre.
- Cobb, M.A., M.J. Chung, H. Foley, K. Shaw, and V. Miller (1998) *A rule based approach for the conflation of attributed vector data*. GeoInformatica. Vol.2, No.1, p.7-35.
- Devogele, T. (1997) *Processus d'intégration et d'appariement de Bases de Données Géographiques Application à une base de données routières multi-échelles*. Thèse de Doctorat. Université de Versailles, Institut Géographique National (IGN), Laboratoire COGIT, 206 p.
- Doytsher, Y., Filin, S. and Ezra, E. (2001) *Transformation of datasets in a linear-based map conflation framework*. Surveying and land information systems. Vol.61, No.3, p.165-175.
- Eiter, T. and Mannila, H. (1994) *Computing discrete Fréchet distance*. Rapport technique,

- Institute of Information System, Technical University of Vienna.
- Filin, S. and Doytsher, Y. (1999) *A linear mapping approach to map conflation: matching of polylines*. Surveying and land information systems. Vol.59, No.2, p.107-114.
- Gabay, Y., and Y. Doytcher. 1995 *Automatic adjustment of line maps*. Proceeding of the GIS/LIS'94 Annual Convention. Vol.1, p.333-341.
- Filin, S. and Doytsher, Y. (2000) *Detection of corresponding objects in linear-based Map conflation*. Surveying and land information systems. Vol.60, No.2, p.117-128.
- Laurini, R. (1998) *Spatial multi-database topological continuity and indexing: a step towards seamless GIS data interoperability*. International Journal of Geographical Information Science. Vol.12, No.4, p.373-402.
- Lupien, A.E. and Moreland, W.H. (1987) *A general approach map conflation*. Proceeding AUTOCARTO 8, p.630-639.
- Lynch, M.P. and Saalfeld, A.J. (1985) *Conflation: automated map conflation - A video game approach*. AUTOCARTO 7 Proceedings, p.343-352.
- Rosen, B., and A.Saalfeld. 1985 *Match criteria for automatic alignment*. Proceeding of Auto-Carto 7, pp.1-20.
- Saalfeld, A. 1988. *Conflation-Automated map compilation*. International Journal of Geographical information systems. Vol 2, N3, p.217-228.
- White, M.S., and P. Griffin. 1985 *Piecewise linear rubber-sheet map transformations*. The American Cartographer. Vol 12, N 2, p.123-131.
- Scholl, M., A. Voisard and Rigaux, P. (2002) *Spatial Databases with application to GIS*. Morgan Kaufmann Publishers, USA.
- Servigne, S. (1995) *Fusion multi-source pour la mise à jour de bases de données géographiques*. Revue internationale de géomatique. Vol.5, No.2, p.157-178.
- Sester, M., Anders, K.-H. and Walter, V. (1998) *Linking Objects of Different Spatial Data Sets by Integration and Aggregation*. GeoInformatica. Vol.2, No.4, p.335-358.
- Walter, V. and Fritsch, D. (1999) *Matching spatial data sets: a statistical approach*. International Journal of Geographical Information Science. Vol.13, No.5, p.445-473.

NOTES BIOGRAPHIQUES

Mourad Bouziani

- Profession: Enseignant chercheur à la Filière de Formation en Topographie, Institut Agronomique et Vétérinaire (IAV) Hassan II, Rabat, Maroc.
- Formation:
 - Doctorat (en cours): Mise à jour des bases de données géospatiales, IAV Hassan II.
 - M.Sc. : Sciences géomatiques, Université Laval, Canada, 2002.
 - Ingénieur d'État en Topographie, IAV Hassan II, Maroc, 1996.
- Expertise et intérêts de recherche: Applications topographiques et géodésiques, système de positionnement par satellites (GPS), intégration numérique de données géospatiales, conception des systèmes d'information à référence spatiale (SIRS), conception des bases de données géospatiales (BDG),

CONTACT

Mourad Bouziani

Filière de Formation en Topographie, Institut Agronomique et Vétérinaire (IAV) Hassan II,
Rabat, Maroc

B.P. 6202 Rabat-Instituts, Rabat

MOROCCO

Tel. + 212 37680180

Email: bouzianimourad@yahoo.fr