
Un système de recherche d'informations spatiales basé sur le croquis à main levée

Ghazal Moultazem, Sèdes Florence

*Université Paul Sabatier,
118 Route de Narbonne,
France-31062 Toulouse Cedex 9
Moultazem.Ghazal@irit.fr, Florence.Sedes@irit.fr*

RÉSUMÉ. La quantité de données géographiques disponibles a considérablement augmenté ces dernières années. L'évolution du Web qui permet de partager et d'accéder à n'importe quel type d'information a encore augmenté cette disponibilité. Cependant, l'interrogation de données géographiques est souvent vue comme une opération difficile et coûteuse, car ces données ont des structures complexes et sont disponibles en différents formats et à différentes échelles. Récemment, des systèmes ont été développés pour permettre aux utilisateurs de dessiner ce qu'ils recherchent au lieu de traduire leurs demandes dans un langage d'interrogation textuelle. Ces systèmes essaient de combler le fossé entre l'utilisateur et ces données ; celui-ci peut se concentrer sur sa demande plutôt que sur la formulation de requête. Afin de faciliter ce processus, les données géographiques doivent être reformulées pour répondre à ce nouveau type d'interrogation. Ce papier présente un nouveau modèle de données géographiques comme base d'un système de recherche d'information géographique basé sur le croquis à main levée (Sketch).

ABSTRACT. The available amount of geographic data has considerably grown. The amazing progress of the web that allows sharing and accessing to any type of information has further increased this availability. However, query evaluation in spatial data is often expensive, because these data have complex structures and they are available in different formats and scales. Recently, systems have been developed to allow users to sketch what they are looking for instead of translating their requests into verbal query statements. These systems try to close the gap between user and spatial data, so the user can focus on his query rather than spending his time formulating the request. To make this process easy, the spatial data, in the database, must be reformulated to answer this new type of request. This paper presents a method for remodelling the spatial data in database as a basis for a retrieval information system by sketching.

MOTS-CLÉS : Données spatiales, croquis à main levée, interrogation.

KEYWORDS: Query evaluation, Sketch, Spatial data.

1. Introduction

Les données géographiques sont spatiales ; ainsi il est plus approprié d'exprimer les requêtes géographiques par des termes et des concepts spatiaux explicites plutôt que par des termes lexicaux. Le croquis à main levée est un mode d'interaction qui correspond mieux à l'expression de la pensée spatiale de l'être humain que n'importe quel langage d'interrogation textuelle, puisque l'utilisateur a fréquemment une image exemple dans sa tête quand il cherche une configuration spatiale (Egenhofer, 1997). De plus, les contraintes spatiales entre les objets dessinés sont implicites, ainsi l'utilisateur n'a pas besoin d'expliquer ces contraintes. Le croquis fournit également un retour visuel direct. Il est donc une étape importante vers l'utilisation réussie des SIG (Systèmes d'Information Géographique) si les utilisateurs ont la possibilité de dessiner les informations qu'ils souhaitent retrouver.

Dans ce papier, nous proposons un modèle pour les données géographiques. Ce modèle permet d'extraire l'essentiel de la scène spatiale, permettant ainsi de retrouver non seulement les éléments identiques à un croquis, mais aussi ceux présentent un certain degré de similitude avec celui-ci.

Nous dressons dans la deuxième section de ce papier un état de l'art sur l'utilisation de croquis dans l'interaction homme machine (IHM). Le contexte de notre étude sera présenté dans les sections 3 et 4. Ces sections abordent les problématiques de représentation des données spatiales et la définition des graphes d'association. Dans la cinquième section, nous détaillons notre proposition. Cette proposition est basée sur une étude de comportement des utilisateurs pendant leur réalisation des croquis afin de construire des graphes de voisinage spatial. Dans la sixième section, nous fournissons quelques captures d'écran de notre prototype qui a permis de mettre au point nos propositions. Une synthèse de ces propositions ainsi que quelques ébauches possibles à nos travaux seront détaillées dans la dernière section.

2. IHM et croquis

Le croquis à main levée (sketch) est une vieille forme de communication qui a été employée pour visualiser, échanger et enregistrer l'information. Sketchpad (Sutherland, 1964) est la première application de croquis sur ordinateur. Il est considéré comme une pierre angulaire de l'application infographie. Son objectif principal était la construction, la composition, et la réplique des objets géométriques dans une interface.

En fait dans les systèmes informatiques, les croquis sont généralement utilisés soit pour la conception soit pour la recherche d'information. Dans les applications basées sur le premier usage, chaque objet dessiné doit être transformé en un symbole appartenant à un ensemble prédéfini. Ces applications sont très efficaces lorsque le nombre des symboles est limité. La conception des circuits électroniques (Gross,

1996) ou d'une interface utilisateur (Landay et al., 2001) par croquis sont des bons exemples.

Dans les systèmes de recherche d'information, les croquis sont utilisés comme des requêtes pour interroger des bases d'images. Chaque croquis est une expression visuelle décrivant un seul objet recherché (Di Sciascio et al., 1999) ou une configuration spatiale (Ferri et al., 2005) qui regroupe plusieurs objets.

Ces systèmes considèrent que le croquis est bien fait. Ils sont ainsi incapables de prendre en compte l'inexactitude de l'information fournie par l'utilisateur et le manque dans sa description. D'où leur incapacité à trouver tous les résultats pertinents. De plus, les systèmes de la seconde catégorie passent un temps assez long avant de restituer les résultats, car ils basés sur des algorithmes qui analysent les nombreuses relations qui peuvent exister dans les graphes à comparer.

Afin de dépasser ces limites, nous proposons dans ce papier une approche assurant un appariement approximatif des graphes. Notre approche utilise des critères qualitatifs afin de remédier au manque de précision et à l'incomplétude des descriptions fournies par l'utilisateur à travers son croquis. Cette approche se base également sur une méthode de simplification de graphe permettant de réduire le temps de réponse.

3. Données géographiques

Les SIG stockent les informations du monde réel par une collection de couches thématiques qui peuvent être liées par la géographie. Chaque couche est une carte montrant la répartition spatiale d'une entité géographique ou d'un phénomène. Dans chaque couche, les données sont représentées soit par le modèle vectoriel soit par le modèle matriciel.

Dans le premier modèle, les données sont stockées dans une matrice où chaque cellule contient une valeur qui décrit l'état d'une zone de la terre par rapport à un thème particulier (météo, altitudes, etc.). Dans le deuxième modèle, les données sont représentées par une collection de points, de lignes et de polygones. Nous nous intéressons dans notre recherche aux données représentées selon le modèle vectoriel. La raison de ce choix est liée au fait que nous cherchons à faciliter l'accès à l'information pour des utilisateurs débutant dont le raisonnement est semblable à la représentation vectorielle.

La gestion des données spatiales sous le modèle vectoriel concerne donc deux types d'information : l'information géométrique et les relations spatiales. L'information géométrique et la forme d'objets représentent la partie visuelle des données tandis que les relations spatiales sont représentées par un réseau virtuel qui lie les objets les uns avec les autres.

4. Graphe d'association

Le réseau virtuel entre les objets peut être représenté par un graphe d'association. Les intérêts d'utiliser le graphe dans la présentation des données spatiales peuvent se résumer par les points suivants : (1) le graphe est bien adapté pour présenter une configuration spatiale : analogie entre sommet/arc et objet/relation, (2) les propriétés d'invariance. Par exemple, la présentation par graphe d'une configuration spatiale reste la même si elle est translatée, pivotée ou transformée en son image inversée.

En utilisant le graphe pour représenter une configuration spatiale, chaque objet sera représenté par un sommet, et les relations spatiales seront représentées par des arcs. Théoriquement dans une configuration spatiale, chaque objet est lié avec tous les autres objets par des relations spatiales. Si toutes ces relations sont prises en compte, le graphe d'association est appelé un graphe complet. Toutefois, le nombre d'arcs dans ce graphe augmente exponentiellement avec le nombre d'objets. Ce nombre est exprimé par l'équation [1], où n est le nombre d'objets dans le graphe :

$$M = \frac{n * (n - 1)}{2} \quad [1]$$

Cette augmentation rend le graphe complet inadapté pour représenter efficacement les données géographiques, puisque le nombre d'objets dans une configuration géographique est grand. D'autre part, il semble peu probable que les gens prennent en compte toutes les relations spatiales entre les objets quand ils interprètent une configuration géographique. Par conséquent, le choix « intelligent » d'un sous-ensemble de relations a beaucoup d'avantages par rapport à l'approche complète.

Pour réduire le nombre de relations, il est nécessaire de définir une fonction qui détermine si une relation est importante ou non. En fait, l'importance d'une relation peut être exprimée soit par la sémantique soit par le contexte spatial.

L'analyse de la sémantique a besoin d'une méthode d'interprétation qui prenne en compte la sémantique des objets. Toutefois, nous ne pouvons pas déduire avec certitude la sémantique associée par un utilisateur à une configuration spatiale. (Laurini *et al.*, 1992). Par conséquent, il est trop difficile d'interpréter la sémantique des relations spatiales. D'autre part, l'utilisation du contexte spatial n'exige que des connaissances sur les géométries des objets, par conséquent, il est moins difficile à intégrer et plus adapté pour être utilisé en déterminant l'importance d'une relation.

5. Graphe de voisinage spatial

Afin de construire un graphe d'association adapté à notre objectif, nous devons prendre en compte le comportement de l'utilisateur quand il réalise son croquis. Pour

cela, nous nous basons sur une étude du comportement de l'utilisateur réalisée dans (Blaser, 1998). L'étude montre que l'utilisateur dessine son croquis avec des objets simples qui n'ont le plus souvent aucune signification s'ils sont pris hors du contexte. Cette observation nous permet de conclure que l'utilisateur emploie généralement les types d'objet (point, ligne, polygone) et leurs tailles pour refléter la différence sémantique entre les objets. Pour ces raisons nous ne prenons pas en compte la forme de l'objet dans notre modèle mais nous regroupons les objets selon plusieurs niveaux en fonction de leur type et de leur taille.

La deuxième observation dans cette étude prouve que la relation topologique préférée de l'utilisateur est la disjonction (environ 90% de la totalité). A partir d'elle, nous pouvons remarquer qu'il est erroné de se baser uniquement sur les relations topologiques pour évaluer la similitude et de négliger les autres relations (métrique et directionnelle). L'importance des relations topologiques dans l'évaluation réside dans le fait qu'elles sont invariables sous les transformations dans l'espace telles que la rotation et le changement d'échelle, tandis que les autres relations sont variables. Par conséquent, nous cherchons à rendre ces informations invariables pour être utilisées dans l'évaluation de similitude.

Le dernier point de cette étude montre que l'utilisateur formule sa requête de manière approximative et dans une résolution spécifique, alors que l'information dans la base de données est très précise et peut être stockée dans une autre résolution.

Nous proposons dans ce papier un modèle qui prend en compte ces observations afin de faciliter la recherche de l'information spatiale par croquis.

5.1. Modèle de données

La première étape de notre méthode consiste à rassembler les objets en plusieurs niveaux en se basant sur leur type et leur taille. L'utilisateur emploie en effet généralement ces deux paramètres pour traduire la différence sémantique entre les objets. Dans la première couche, nous mettons les objets qui appartiennent aux réseaux géographiques. Chaque réseau se compose d'un ensemble de segments connectés. La méthode utilisée pour calculer la similitude entre les réseaux géographiques a été présentée dans (Ghazal *et al.*, 2008). Les autres couches contiennent les objets qui représentent les régions. Nous proposons de les organiser en trois niveaux (« grand », « moyen », « petit »). Si tous les objets ont la même taille, nous aurons une seule couche. D'autre part, nous créons une nouvelle couche de taille s'il y a deux objets obj_1 , obj_2 , de taille respectivement sz_1 , sz_2 et $D > 1$, avec D est donné par l'équation [2] :

$$D = \frac{|sz_1 - sz_2|}{\min\{sz_1, sz_2\}} \quad [2]$$

Pour chaque couche, nous construisons le graphe du voisinage spatial. Ensuite, nous lions les différentes couches en utilisant les relations spatiales. La construction du graphe du voisinage spatial dépend de la manière de définir les voisins de l'objet. En prenant en compte le fait que l'information dans les bases des données géographiques appartient normalement aux différents niveaux de résolutions. Ainsi, la distance visuelle entre deux objets dans une résolution est différente de la distance entre les mêmes objets dans une autre résolution. La distance normale ne convient donc pas pour déterminer les voisins d'un objet. Nous proposons d'employer la distance relative qui s'adapte au changement de résolution. Néanmoins la distance relative ne peut pas absorber l'inexactitude dans la requête d'utilisateur. A cette fin, nous utilisons la distance relative qualitative qui convient notre objectif. Pour avoir cette distance notre algorithme se base sur une méthode de groupement hiérarchique qui commence par considérer chaque valeur comme une classe puis fusionne les classes proches successivement jusqu'à atteindre un objectif (un seuil minimum de ressemblance, un nombre maximum de classes, etc.).

La première étape consiste donc à calculer les distances entre les objets appartenant à la même couche. Une matrice symétrique $n \times n$ (pour n objets), la matrice de distance, est obtenue. Ultérieurement, les éléments de cette matrice (les distances) sont ordonnés par ordre ascendant. Ensuite, les différences entre ces valeurs prises deux à deux et la moyenne de ces différences sont calculés. Puis, chaque différence supérieure ou égale à la moyenne est considérée comme un séparateur entre deux classes. Les valeurs entre deux séparateurs seront regroupées dans une seule classe, si la longueur de l'intervalle (entre deux séparateurs) est inférieure à L , donné par l'équation [3], sachant que Avg est la moyenne des différences:

$$L = 1,5 * Avg \quad [3]$$

Si la longueur de l'intervalle est supérieure à L , de nouvelles classes seront créés pour regrouper les valeurs. À la fin de cet algorithme, nous avons un ensemble de classes ordonné, chaque classe représente une distance relative qualitative. Nous réinitialisons la matrice de distance en remplaçant chaque distance par la classe à laquelle elle appartient. Cette nouvelle matrice forme la base pour construire le graphe du voisinage spatial.

Chaque cellule de la matrice dont la valeur appartient à la première classe est considérée. Les paires d'objets correspondant à ces cellules seront reliées par des lignes. En effet, ces lignes relient les objets proches et forment plusieurs groupes. Nous appelons ces groupes « groupe du premier ordre ». Un groupe du premier ordre peut être interprété comme un ensemble d'objets proches. Nous considérons chaque groupe comme un objet. Les distances entre cet objet G et les autres x_i d'une même configuration géographiques sont données par l'équation [4]:

$$\forall x_i \notin G; dis(x, G) = \min\{dis(x_i, y); y \in G\} \quad [4]$$

Interrogation spatiale par croquis

Nous remplaçons dans la matrice de distance chaque objet par le groupe auquel il appartient et les distances par les nouvelles distances. Ensuite, nous retenons dans la nouvelle matrice chaque distance dont la valeur appartient à la deuxième classe. De la même manière, les objets qui ont cette distance seront liés. Dans cette étape des groupes du deuxième ordre peuvent être composés d'un seul objet ; c'est le cas quand un objet a une distance appartenant à une deuxième classe avec un groupe du premier ordre et sa distance des autres objets est supérieure à la deuxième classe. Nous continuons de la même manière jusqu'à ce que nous joignons tous les objets. En conclusion, nous avons des ensembles de groupes liés par des ensembles de lignes.

Cette représentation ne prend en compte que les relations entre les objets voisins. Néanmoins, l'utilisateur dessine rarement tous les objets de la scène (incomplétude de la demande). Ce comportement pose un vrai problème pour l'interrogation ; par exemple, supposons que trois groupes G_1 , G_2 , G_3 , liés de la manière suivante : G_1 est lié avec G_2 et G_2 avec G_3 . Si un utilisateur fait sa requête avec deux groupes G_1 et G_3 , la requête se compose de deux groupes G_1 et G_3 et une ligne entre eux. Comme cette ligne n'existe pas dans la base, nous n'aurons aucun résultat. Pour surmonter ce problème nous proposons de renforcer les relations entre les groupes.

Dans l'étape du renforcement, chaque groupe doit être lié au moins à deux autres groupes, et les relations ne doivent pas être limitées à un seul objet dans le groupe si ce groupe se compose de plusieurs objets. Pour clarifier notre méthode nous prenons l'exemple suivant.

Exemple :

Supposons que nous avons une scène (Figure 1) contenant 9 objets de la même taille : A(5,15), B(1,10), C(6,5), D(3,13), E(5,9), F(2,4), G(8,12), H(10,8), I(6,11).

En utilisant la distance euclidienne, la matrice de distance pour cette scène est celle présentée dans la table 1. Parmi les 36 cellules de cette matrice, nous avons 21 valeurs différentes. Nous allons les transformer en valeurs qualitatives en utilisant notre méthode de groupement, nous obtenons ainsi 11 classes : 1{(2,82)}, 2{(3,6)}, 3{(4,12), (4,24), (4,47)}, 4{(5), (5,09)}, 5{(5,83), (6), (6,08)}, 6{(6,40)}, 7{(7,07), (7,28)}, 8{(8,54), (8,60)}, 9{(8,49), (9,05), (9,12)}, 10{(10), (10,04)}, 11{(11,40)}. Nous remplaçons chaque valeur par la classe à laquelle elle appartient et nous obtenons la table 2.

Moultazem Ghazal, Florence Sedes

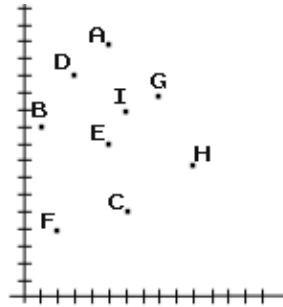


Figure 1. Une scène géographique contenant 9 objets de la même taille

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|------|-------|------|------|------|------|------|------|
| A | 0 | 6,40 | 10,04 | 2,82 | 6 | 11,4 | 4,24 | 8,60 | 4,12 |
| B | | 0 | 7,07 | 3,60 | 4,12 | 6,08 | 7,28 | 9,21 | 5,09 |
| C | | | 0 | 8,54 | 4,12 | 4,12 | 7,28 | 5 | 6 |
| D | | | | 0 | 4,47 | 9,05 | 5,09 | 8,60 | 3,6 |
| E | | | | | 0 | 5,83 | 4,24 | 5,09 | 2,82 |
| F | | | | | | 0 | 10 | 8,94 | 8,54 |
| G | | | | | | | 0 | 4,47 | 2,82 |
| H | | | | | | | | 0 | 5 |
| I | | | | | | | | | 0 |

Table 1. La matrice des distances euclidiennes

| | A | B | C | D | E | F | G | H | I |
|---|---|---|----|---|---|----|----|---|---|
| A | 0 | 6 | 10 | 1 | 5 | 11 | 3 | 8 | 3 |
| B | | 0 | 7 | 2 | 3 | 5 | 7 | 9 | 4 |
| C | | | 0 | 8 | 3 | 3 | 7 | 4 | 5 |
| D | | | | 0 | 3 | 9 | 4 | 8 | 2 |
| E | | | | | 0 | 5 | 3 | 4 | 1 |
| F | | | | | | 0 | 10 | 9 | 8 |
| G | | | | | | | 0 | 3 | 1 |
| H | | | | | | | | 0 | 4 |
| I | | | | | | | | | 0 |

Table 2. La matrice de distance après le remplacement des distances

A partir de cette matrice, nous commençons la construction du graphe en prenant toutes les cellules dont la valeur est égale à un. Chacune de ces valeurs sera représentée par une ligne (Figure 2). Les objets reliés seront remplacés par des groupes $G_1(A-D)$, $G_2(E-I-G)$ et les distances entre chaque groupe et les autres objets sont calculées en utilisant l'équation 4 (Table 3).

Interrogation spatiale par croquis

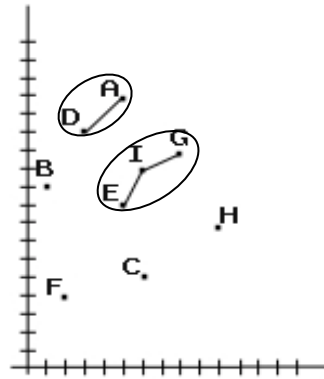


Figure 2. La construction des premiers groupes

| | G_1 | G_2 | B | C | F | H |
|-------|-------|-------|---|---|---|---|
| G_1 | 0 | 2 | 2 | 8 | 9 | 8 |
| G_2 | | 0 | 3 | 3 | 5 | 3 |
| B | | | 0 | 7 | 5 | 9 |
| C | | | | 0 | 3 | 4 |
| F | | | | | 0 | 9 |
| H | | | | | | 0 |

Tableau 3. La matrice de distance après le premier remplacement

Nous prenons dans cette matrice toutes les cellules dont la valeur est égale à deux. Nous trouvons deux valeurs ; la première cellule sera représentée par une ligne qui relie les deux groupes de la première étape. La deuxième valeur va construire un groupe de deuxième ordre $G_3(B)$, qui se compose d'un seul objet (Figure 3). La matrice de distance reste la même, parce que nous n'avons qu'un groupe qui se compose d'un seul objet. Nous prenons de la dernière matrice chaque valeur égale à trois, nous trouvons quatre valeurs. En remplaçant ces valeurs par des lignes, nous avons deux nouveaux groupes $G_4(C-F)$, $G_5(H)$. À la fin de cette étape, nous obtenons un graphe qui relie tous les objets de cette scène (Figure 4).

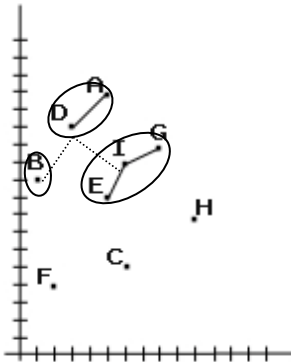


Figure 3. La construction des deuxièmes groupes

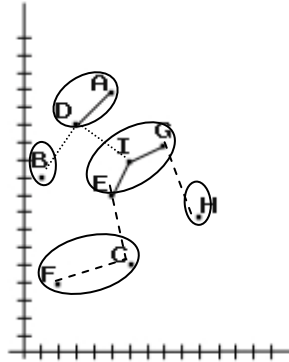


Figure 4. La construction des troisièmes groupes

Dans le graphe obtenu, nous avons deux groupes $\{G_4, G_5\}$ reliés par un seul groupe, ce qui nous oblige à renforcer leurs liens. En utilisant la matrice (Table 4), la forme finale du graphe sera présentée dans la figure 5.

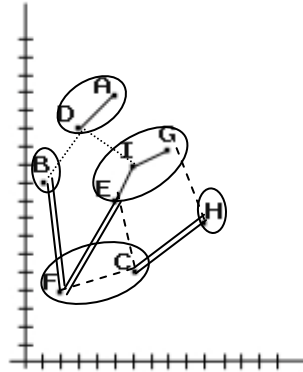


Figure 5. Le graphe après l'étape de renforcement

| | G ₁ | G ₂ | G ₃ | G ₄ | G ₅ |
|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| G ₁ | 0 | 2 | 2 | 8 | 8 |
| G ₂ | | 0 | 3 | 3 | 3 |
| G ₃ | | | 0 | 5 | 9 |
| G ₄ | | | | 0 | 4 |
| G ₅ | | | | | 0 |

Table 4. La matrice finale utilisée pour le renforcement

À la fin de l'étape précédente, nous avons un ensemble de groupes de différents ordres. Les objets d'un groupe sont liés entre eux par des lignes, qui appartiennent à la même classe de distances, alors que les groupes sont liés entre eux par des lignes, qui appartiennent à différentes classes. En conséquence, nous avons deux types de relations, les relations intra-groupe et les relations inter-groupes.

Pour les relations intra-groupe, nous pouvons distinguer trois cas : (1) le groupe contient un seul objet, alors nous n'avons pas de relations, (2) le groupe ne contient que deux objets, seules les relations topologiques entre ces objets sont prises en compte, (3) le groupe contient trois objets ou plus, les relations topologiques et directionnelles (entre les objets liés) sont prises en compte.

Nous rappelons que les relations métriques sont implicitement prises en compte dans la construction du graphe. Concernant les relations inter-groupes, seules les relations directionnelles et métriques sont prises en compte.

5.2. Modèle de croquis

Habituellement, un utilisateur fait sa requête en dessinant certains objets. Ce croquis sera transformé en un graphe selon la méthode utilisée pour construire le graphe de voisinage spatial sans l'étape de renforcement. Ce graphe doit être un sous-graphe de l'information d'intérêt. Pour avoir un résultat pertinent, les deux graphes (de croquis et de l'information d'intérêt) doivent avoir la même structure même s'ils n'ont pas le même nombre d'objets (la dégradation entre eux doit conserver la structure générale de la scène).

6. Validation

L'algorithme que nous proposons a été utilisé pour développer une application de recherche par croquis. Cette application peut être utilisée pour prétraiter des

Interrogation spatiale par croquis

ensembles de données dans une base de données de même que le croquis dessiné par l'utilisateur. L'interface de notre application permet à l'utilisateur de dessiner librement sa requête. Afin d'éviter l'ambiguïté dans l'interprétation de croquis, l'application demande de déterminer le type de chaque objet {ligne, segment, cercle, rectangle et polygone} (Figure 6).

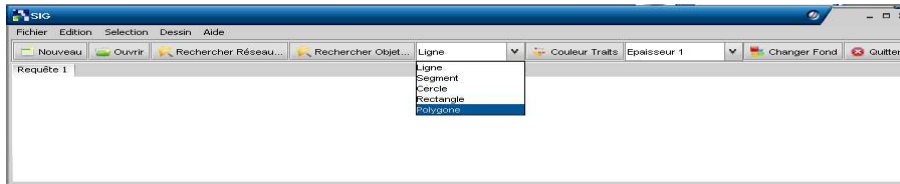


Figure 6. L'interface de notre application

Notre application considère que l'utilisateur dessine chaque objet séparément pour éviter l'ambiguïté de croisement des objets. Quand l'utilisateur finit la formulation de sa requête, il demande à l'application de trouver les configurations similaires. L'application construit le graphe pour le croquis de l'utilisateur et elle le compare avec les graphes existants dans la base, elle retourne les configurations similaires dans la liste en ordre décroissant de leur similarité (Figure 7).

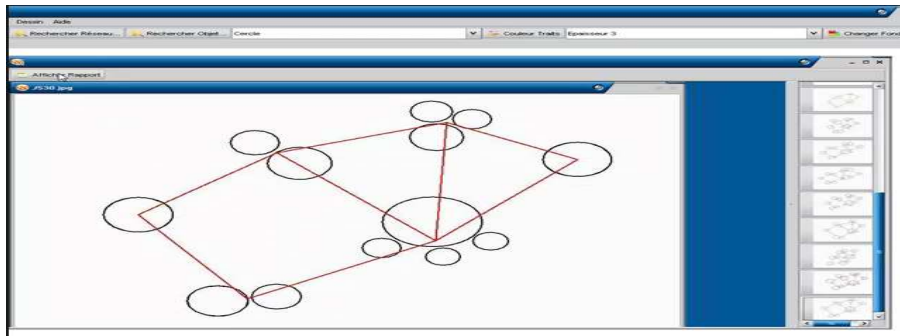


Figure 7. Le résultat retourné par l'application

Nos expériences ont été effectuées sur une collection de 800 images de synthèse générées manuellement. L'utilisation de cette base de données présente une étape vers le cas réel. Les résultats obtenus sont prometteurs et offrent un gain considérable de temps en comparaison de ceux obtenus par des algorithmes basés sur le processus graphe complet.

7. Conclusion

Dans ce papier, nous nous sommes concentrés sur la représentation de l'information de la base de données spatiale, afin de rendre l'interrogation par croquis plus facile. Les données spatiales, sous le modèle vecteur, peuvent être

Moultazem Ghazal, Florence Sedes

représentées par un graphe d'association, dont les sommets représentent les objets géographiques et les arcs les relations entre eux. Pour améliorer l'efficacité de cette représentation, nous avons développé une méthode qui simplifie la complexité du graphe et maintient son expressivité. Cette méthode est basée sur le contexte spatial et utilise la distance relative qualitative. La méthode proposée s'adapte au changement de résolution et est capable d'absorber les approximations de l'information.

L'évaluation de similitude est fondée sur la similitude entre les relations spatiales pour les composants correspondants, parce que les relations spatiales capturent l'essence de la structure de la scène. Comme les relations métriques sont utilisées pour construire le graphe de voisinage spatial, nous n'utilisons que la distance topologique et directionnelle pour évaluer la similarité.

Notre future recherche se concentre sur l'intégration des annotations via des métadonnées dans les requêtes dessinées. Cela permettra à l'utilisateur de formuler sa requête de manière plus intuitive. Une autre extension de notre travail est d'étudier la possibilité d'utiliser notre méthode pour détecter le changement dans le temps.

8. Bibliographie

- Blaser A., *Geo-Spatial Sketches*, Technical Report, National Center of Geographic Information and Analysis, University of Maine, Orono, 1998.
- Di Sciascio E., Mingolla G., Mongiello, M., « Content-based image retrieval over the web using query by sketch and relevance feedback », *Visual Information and Information Systems*, 1999, p. 123-130.
- Egenhofer M., « Query Processing in spatial-Query-by-Sketch », *Visual Languages and Computing*, vol. 8, n° 4, 1997, p. 403-424.
- Ferri F., Rafanelli M., « GeoPQL: a geographical pictorial query language that resolves ambiguities in query interpretation », *Data Semantics*, vol. 3534, 2005, p. 50-80.
- Ghazal M., Sedes F., « Similarity among Geographic Networks », *Information and Communication Technologies: from Theory to Applications*, 2008.
- Gross M., « The Electronic Cocktail Napkin—a computational environment for working with design diagrams », *Design studies*, vol. 17, n° 1, 1996, p. 53-69.
- Landay J., Myers B., « Sketching interfaces: toward more human interface design », *Computer*, vol. 34, n° 3, 2001, p. 56-64.
- Laurini R., Thompson D., *Fundamentals of spatial information system*, Academic Press, London, 1992.
- Sutherland I., « Sketchpad a man-machine graphical communication system », *Design Automation*, vol. 6, 1964, p. 329-346.