

UNE METHODE DE PLACEMENT AUTOMATIQUE DES ECRITURES DES OBJETS LINEAIRES AVEC UNE QUALITE CARTOGRAPHIQUE

Mathieu Barrault

Institut Géographique National - Service de la Recherche - Laboratoire COGIT
2 avenue Pasteur - BP 68 - 94160 Saint-Mandé FRANCE
Tel (33-1) 43 98 85 45 - Fax : (33-1) 43 98 81 71
E-Mail : barrault@ulyse.ign.fr

ABSTRACT

Label placement is a time consuming task, whose automation is ticklish. This paper addresses the main problems we have to face to achieve an automated placement in accordance with cartographic criteria. It focuses on linear names and their specific difficulties, and highlights the important steps of an application that automates road label placement with some 90% satisfying positions.

INTRODUCTION

Le laboratoire COGIT travaille maintenant depuis trois ans sur l'automatisation du placement des écritures dans le but d'accélérer le processus de production des cartes, le positionnement pouvant représenter jusqu'à 50% du développement [19]. Le positionnement des écritures est une phase complexe puisqu'en plus d'apporter un ensemble d'informations supplémentaires au lecteur, les écritures doivent contribuer à assurer l'esthétisme de la carte [5]. Modéliser cette contrainte esthétique, sans laquelle l'agencement offert ne pourrait prétendre à une qualité cartographique, et gérer les conflits qui apparaissent entre les écritures, un problème NP-complet, rendent ardue l'automatisation du positionnement des écritures.

Cet article se propose dans un premier temps de décrire les contraintes majeures qui guide un bon agencement et de présenter un bref état de l'art. Nous nous pencherons ensuite sur le problème plus particulier du positionnement des écritures d'objets linéaires, nettement moins traité que les écritures horizontales qui, en plus des problèmes communs à toutes les écritures, possède ses difficultés propres. Enfin, pour appuyer cette étude, les grandes lignes du prototype de placement des numéros de routes développé au COGIT seront explicitées.

LES PRINCIPES CARTOGRAPHIQUES DE POSITIONNEMENT

De nombreux cartographes ont énumérés les règles cartographiques concernant les écritures [5, 12]. Imhof étant devenu la référence, voici les principes généraux qu'il préconise.

1. Le nom doit être lisible et aisément détecté.
2. Le nom et l'objet auquel il appartient doivent être facilement identifiables.
3. La position doit éviter, ou du moins minimiser les mutilations, les recouvrements de symboles déjà présent sur la carte. Les superpositions entre écritures sont interdites.
4. L'écriture, par sa position, sa forme et sa police, doit exprimer la situation spatiale et l'étendue de l'objet associé ainsi que des informations comme l'importance de cet objet, la différence avec d'autres objets...
5. Les polices doivent traduire la classification et la hiérarchisation des objets.
6. Les écritures ne doivent être ni trop dispersées, ni trop regroupées.

Nous allons restreindre notre problème en prédefinisant les polices de chaque écriture ainsi que la

sélection des objets à nommer. Les variables qui nous concernent sont donc la position et la forme de l'écriture de chaque objet à étiqueter. Ces principes mettent en exergue deux constats. Tout d'abord, il n'y a pas de méthode rigoureuse à suivre lors du positionnement mais uniquement des souhaits à respecter. D'autre part, l'agencement est encadré par trois contraintes majeures :

- a. Assurer l'identification et la clarté de l'écriture et de l'association avec son objet.
- b. Minimiser la mutilation d'informations en tenant compte du fond de carte, regroupant tous les objets fixes qui ne peuvent être déplacés pour faciliter l'étiquetage.
- c. Eviter tout conflit (superposition ou collage) entre écritures, gestion que l'on peut étendre à tous les symboles susceptibles d'être déplacés ou modifiés pour faciliter le positionnement.

Il faut préciser que ceci est coiffé par un respect de la qualité esthétique. La prise en compte de ce paramètre se traduit par des règles propres au type de l'objet à nommer. Rappelons que l'on distingue trois grands types d'écritures, les *écritures à position* qui regroupent tous les noms positionnés horizontalement associés la plupart du temps à des objets ponctuels ou de petites surfaces, et les *écritures à disposition* contenant les écritures des objets linéaires et les écritures d'objets surfaciques. Cette catégorie correspond à des écritures dont la forme doit épouser celle de l'objet qu'il étiquète [5].

Mais l'esthétisme se traduit aussi par un comportement entre écritures voisines qui va plus loin que le simple raisonnement booléen de superposition, afin d'assurer une harmonie dans l'agencement global [9].

Etat de l'art

De nombreuses recherches ont déjà été effectuées mais celles-ci se sont généralement restreintes aux écritures à position. En outre, le problème principal traité reste la résolution de la np -complétude des conflits entre noms. Hirsch propose un traitement dynamique des conflits en instaurant un vecteur de superposition qui guide le déplacement pour supprimer le conflit [11]. Les autres s'appuient sur une liste de positions possibles pour chaque objet étiqueté. Ceci permet de discrétiser le problème pour en réduire la combinatoire. La recherche de la position effective de chacun peut alors s'effectuer selon des heuristiques séquentielles [19, 1, 13, 16]: Les objets sont ordonnés dans une liste sur des critères qui varient selon les méthodes. Chaque objet est pris séquentiellement et la meilleure position accessible est sélectionnée. Toutes les positions des autres objets qui étaient en conflit avec la position choisie sont supprimées. Lorsqu'un objet n'a plus de position possible à cause des positions effectives des objets précédents, un retour en arrière est proposé, là encore qui peut varier selon les méthodes, modifiant une position effective blocante pour libérer une position de l'objet coincé.

Une autre méthode, s'appuyant toujours sur la liste de positions possibles, est proposée par optimisation globale : Cromley puis Zoraster ont modélisé la gestion des conflits [4, 20] sous forme d'une fonction à minimiser sous contraintes.

P_{ij} le coût de la position j de l'objet i défini sur $[0,1]$, et X_{ij} défini sur $[0,1]$. $X_{ij}=1$ correspond à la sélection de la position j de l'objet i . On cherche, l'ensemble des X_{ij} tel que :

$$\text{Min} \sum_i \sum_j P_{ij} X_{ij}$$

$$\forall i, \sum_j X_{ij} \geq 1.$$

$$\sum_{k \in K} X_k \leq 1.$$

Sous les contraintes :

N'importe quel objet n a qu'une seule écriture.

Pour un ensemble K de positions en conflit, une seule doit être sélectionnée.

Tous ces travaux ont généralement négligé la qualité esthétique des positions, et répondent plus à une labélisation qu'à un agencement de qualité cartographique. Chirié puis Lecordix ont alors mis l'accent sur la qualité de la position [3, 14] des écritures horizontales ainsi que sur la prise en compte du fond de carte.

LES ECRITURES LINÉAIRES

Le positionnement des écritures à disposition est un problème qui a été beaucoup moins traité, d'une part parce que les objets qui supportent ce type d'écritures sont moins nombreux mais surtout car la tâche est beaucoup plus complexe.

En ce qui concerne les écritures surfaciques, les travaux sont négligeables si ce n'est ceux de Feigenbaum qui positionnent tous les types d'écritures avec des résultats somme toute fort intéressants mais dont il est difficile d'avoir plus d'informations [10].

Nous allons maintenant développer le traitement de l'agencement d'écritures linéaires en commençant par les principales règles que l'on trouve pour ce type d'écritures.

- Les écritures doivent être placées le long des lignes auxquelles elles se rapportent.
- L'écriture doit être placée de préférence au dessus de la ligne (sauf pour les objets linéaires devant contenir le nom).
- On privilégiera les positionnements le long des parties rectilignes, de préférence horizontales ou quasi-telles.
- On doit éviter de positionner les noms selon des courbures extrêmes ou complexes, et négliger les irrégularités de faible amplitude des lignes.
- On évitera d'écrire les noms sur des parties verticales. Si cela est inévitable, on doit écrire de haut en bas pour les lignes situées dans la partie droite de la carte, et de bas en haut pour les lignes situées dans la partie gauche. Dans les cas non verticaux, les noms doivent toujours être écrits de gauche à droite.
- Le nom à placer ne doit pas traverser la ligne à laquelle il se rapporte.
- On évitera que le nom soit séparé de l'objet par un détail.
- On évitera de placer les noms sur les détails ou de trop les éloigner de ceux-ci. L'espacement objet-nom sera compris entre 0.5 et 1 fois la hauteur du corps d'écriture.
- La ligne de pied des caractères doit épouser la forme de la ligne à désigner.
- On doit assurer la continuité des caractères : on n'étalera pas le nom le long de la ligne.
- L'espacement entre les caractères doit être visuellement constant et de taille habituelle.
- L'espacement entre les différentes parties du nom doit être identique visuellement.
- On répétera les noms à intervalles suffisants pour éviter les ambiguïtés.

On retrouve bien entendu les mêmes contraintes que les écritures à position, à savoir des règles sur la qualité esthétique de la position, indépendamment des autres objets de la carte (on souhaite des écritures rectilignes, horizontales...). Mais, les écritures linéaires posent trois difficultés supplémentaires.

1. Le nom doit être répété régulièrement.

2. Le nom peut être composé de plusieurs mots et leurs dépendances est complexe.

3. Le nom comme chacun de ces mots doit traduire la forme de l'objet qu'il nomme.

Pour traiter ces particularités, Ahn et Freeman, avec AUTONAP, découpe l'objet en sections de tailles constantes et lisse chaque portion de manière à pouvoir approximer ces bordures par un ensemble de rectangles et de portions de camembert [1]. De son côté, Destandau propose un premier positionnement des numéros de routes, en insistant sur le découpage. En effet, elle découpe l'objet en fonction des noeuds du réseau qui le compose pour améliorer la répétition de l'écriture [7]. Mais, personne n'a jusqu'à présent proposé une méthode tenant véritablement des critères esthétiques que requiert une carte.

La répétition du nom le long de l'objet linéaire

La répétition doit être effectuée de manière à offrir une répartition régulière le long de l'objet linéaire afin d'en faciliter la lisibilité et l'identification. A l'opposé, le nom ne doit pas être trop redondant sous peine d'obscurcir la clarté de la carte et de nuire ainsi à sa lisibilité. La plupart des objets linéaires appartiennent à un réseau. Celui-ci est source de confusion dans l'identification de l'objet. Le suivi de l'objet linéaire peut être perturbé lorsque les ramifications que rencontre l'objet aux noeuds sont

mal indiqués. Ceci peut aller jusqu'à trouver plusieurs chemins pour un même objet (on trouve surtout ce cas pour le réseau routier). D'autre part, même si ces cycles n'existent pas, le suivi est simplifié avec la présence d'un nom. Enfin, les redondances doivent être plus fréquentes dans les zones où le suivi est perturbé, c'est à dire les zones denses en informations de la carte. Le voisinage de l'objet linéaire doit ainsi être contrôlé lors de la répétition du nom.

Une écriture à disposition

Le nom doit épouser la forme de l'objet. Bien entendu, cette règle ne peut être prise au pied de la lettre pour la plupart des objets linéaires sans compromettre les règles élémentaires de lisibilité. A l'opposé, une correspondance trop floue entre la forme de l'écriture et celle de l'objet induirait en erreur le lecteur et ne répondrait pas au rôle de l'écriture (cf. figure 1).

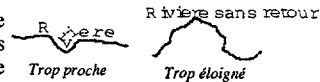


Figure 1 : l'écriture doit épouser la forme de l'objet

La méthode la plus raisonnable est d'approximer notre objet par une ou plusieurs courbes, intégrant un lissage de l'objet afin d'éliminer les impuretés, pour servir de support à l'écriture ou l'un de ses mots. Il nous faut alors définir les critères de qualité ainsi que leur seuil de tolérance qui qualifie un bon positionnement pour pouvoir définir une bonne approximation d'une part, et nous permettre d'épurer les portions trop complexes d'autre part. Ces critères viennent d'un souci de clarté :

La courbe qui supporte le mot doit être à une distance de la portion inférieure à D_{\max} pour s'assurer que le mot épouse la forme,

la courbure de cette courbe doit être inférieure à C_{\max} de manière à éviter que deux caractères ne soient ni trop éloignés, ni ne se chevauchent. On constate alors que le seuil pourra varier selon qu'une portion est convexe ou concave.

Mais ceux-ci sont aussi des critères respectant l'esthétisme de la carte :

la forme du mot ne doit pas avoir une variation trop forte de sa courbure, une variation inférieure à $(\delta C)_{\max}$.

L'extraction de ces courbes est alors le nouveau problème. Pour détecter les portions susceptibles de supporter un mot, on a plusieurs méthodes puisque ce type de problème est connu des reconnaisseurs de formes et des traiteurs d'images ([17] pour plus de références).

Une méthode intéressante est l'utilisation de la fonction de courbure de notre polyligne à nommer et de travailler sur celle-ci : Epurer les portions où la courbure est trop forte et extraire les portions où la courbure est à peu près constante. Une fois ces portions détectées, on les approxime par des arcs de cercles de rayon correspondant.

Mais ceci ne va pas sans un certain nombre de problèmes puisque nous travaillons en géométrie discrète. Les bruits de la courbe et son approximation en polygones sont sources d'erreurs [18,8] qui, intégrées dans un processus, peuvent être amplifiées et générer des résultats incohérents. Cependant, les courbes issues de SIG ont généralement des formes plus lisses que celles des traiteurs d'images du fait de leurs mode de saisie et de la généralisation qui leur est appliquée.

Un nom composé de plusieurs mots

Le fait que le nom contiennent plusieurs mots est un poids supplémentaire important. La distance entre les mots doit être la même deux à deux. A partir des portions que nous avons détectées, il nous faut déterminer les positions de chaque mot qui satisfont cette contrainte. la plupart du temps, les portions ne seront pas assez larges pour contenir l'ensemble du nom et il va nous falloir jongler avec différents portions, sachant que les mots doivent avoir à peu près la même direction principale et une distance constante entre chaque mot.

L'ensemble des ces règles rendent la recherche de positions possibles pour une écriture d'un objet linéaire avec une qualité cartographique ardue. Même en restreignant notre recherche à des formes simples pour la courbe de support de l'écriture, par exemple en se limitant à des arcs de cercle de faible courbure et des segments, la détection de ces portions ainsi que la recherche de positions possi-

bles sur les proportions induites ne pourra se faire qu'avec un processus assez lourd. En outre, ces restrictions risquent tout simplement d'empêcher l'écriture d'être positionnée. Le traitement des cas extrêmes est alors délicat et passe par un relâchement des contraintes qui peut se traduire par une augmentation des seuils de tolérance, mais aussi par d'autres moyens comme l'abréviation de certains mots, le positionnement au dessus et au dessous de la courbe du mot.... Le choix du relâchement est varié mais son estimation informatique est complexe.

LE RESEAU ROUTIER PRINCIPAL

Pour illustrer ces propos, voici les idées principales du prototype développé au COGIT pour positionner les numéros de routes. Les problèmes communs à toutes les écritures sont gérés par des algorithmes issus des premiers travaux sur les écritures à position [3, 14] d'une part car elles sont satisfaisantes, d'autre part pour assurer une compatibilité pour un positionnement global de toutes les écritures puisque pour l'instant les toponymes sont positionnés dans une phase antérieure et sont considérés comme appartenant au fond de carte lors du positionnement des numéros de route. Un poster de ce congrès traite de l'ensemble du positionnement sur la France au 1/1 000 000. Ce chapitre mettra donc l'accent sur le traitement des objets linéaires, à savoir le découpage du réseau en tronçons de manière à se ramener à une écriture par objet, la quantification de la qualité d'une position possible d'un tronçon, et la répartition des écritures en tenant compte de la répartition locale, plusieurs noms d'un même objet linéaire, mais aussi la répartition globale plus classique, les conflits entre écritures.

La petite taille des écritures, et les formes très lissées du réseau routier principal nous ont permis de restreindre le problème, comme nous allons le voir.

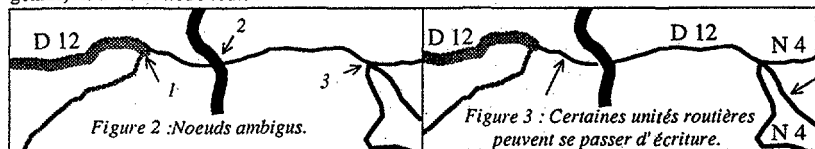
La répétition

Certains routes sont très longues. On a vu que la répétition du nom est nécessaire dès lors que l'objet linéaire est long, qu'il appartient à un réseau ou qu'il traverse des régions denses. Pour appliquer cette répétition, nous allons découper la route en tronçons, auxquels nous associerons une écriture chacun.

La route va être sectionnée aux *noeuds ambigus* (cf. figure 2) :

1. Soit, les deux arcs ont des légendes différentes, susceptibles de sous-entendre un changement de route,
2. Soit, s'ils ont la même légende :

 2. Une ou plusieurs routes de légende supérieure coupent la route, sous-entendant que les deux arcs sont deux routes différentes.
 3. Une route, au moins, de même légende est présente et orientée de manière ambiguë (i.e. non orthogonale) vis à vis de notre route.



On appellera une *unité routière*, un extrait de l'objet linéaire tel qu'il ne contient pas de noeuds ambigus, autre que les noeuds extrêmes et respectant les seuils de distance et de densité. Logiquement, il suffit de découper chaque objet linéaire en unités routières et de nommer chaque unité pour assurer la clarté des routes. Mais, cela charge inutilement la carte. Certains carrefours peuvent ne pas être traités car le doute sur un carrefour peut être levé grâce à une écriture voisine placée pour une autre ambiguïté. De même, si l'information est assurée pour toutes les autres portions d'un carrefour, l'ambiguïté sur les deux unités du carrefour est levée (cf. figure 3). Le réseau routier offre souvent ces situations grâce à la structure du réseau (De nombreuses petites routes trop courtes pour être dé-

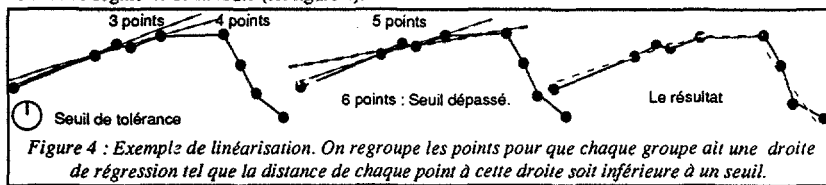
coupées). Pour éviter de charger trop la carte, les portions à nommer seront définies par le **regroupement des unités routières adjacentes en tronçon**, de manière à maximiser sans les dépasser les seuils de densité et de taille. Le fait d'effectuer ce regroupement sur les unités routières et non pas directement sur les arcs suffit à supprimer la plupart des ambiguïtés.

Les positions

Le réseau routier principal est composé de routes dont le nom est un numéro (ex : N 134, A 12...). Ce sont de petites écritures et les routes sont des constructions humaines, donc plus lisses. Ces particularités permettent de limiter la recherche des portions satisfaisantes, introduites plus haut, uniquement aux portions rectilignes. Ceci revient à considérer que toutes les routes sont assez lisses pour ne pas avoir à courber le numéro. Nous pouvons ainsi représenter l'écriture par son rectangle englobant, ce qui facilite la modélisation ainsi que de nombreux calculs.

La recherche d'un grand nombre de positions possibles permet d'offrir des choix de substitutions en cas de conflits. La *qualité intrinsèque* de chaque position (à savoir, l'ensemble des critères de qualité d'une position, indépendamment des autres écritures [14]) doit être calculée pour permettre de les classer et pour ne garder que les meilleures. Elle permettra aussi de les comparer aux positions des autres écritures lors du traitement des conflits, de manière à résoudre les conflits tout en conservant les plus belles positions.

Restreint aux positions rectilignes, la recherche s'effectue en glissant le rectangle englobant de l'écriture le long de la portion. Pour chaque position, on extrait les critères qualifiant la qualité de la position. Cette restriction nous permet d'éviter de passer par la fonction de courbure grâce à un algorithme de recherche des orientations principales de la courbe qui, appliqué avec un seuil très faible (un tiers de la taille du caractère) nous renvoie les portions rectilignes, de taille suffisante pour porter un nom, de façon très satisfaisante. Le glissement s'effectue en fait le long de ces axes. Ces orientations sont calculées grâce à un algorithme issu de [4] fondé sur la régression linéaire par moindres carrés de segments de la route (cf. figure 4).



La qualité intrinsèque d'une position d'un numéro de route dépend d'une série de critères :

- La courbure de l'écriture : Restreint aux portions quasi-rectilignes, la courbure se résume alors à l'orientation de l'écriture par rapport à l'horizontale. La position sera d'autant meilleure que l'écriture est horizontale. la valeur est définie sur $[-\pi/2, \pi/2]$.
- L'axe : la plupart des écritures sont désaxées par rapport au symbole linéaire. On préfère que l'écriture soit positionnée au dessus de la courbe plutôt qu'en dessous (définie sur $\{0,1\}$). Pour les symboles dont l'écriture est placé sur la courbe, ce critère n'est pas pris en compte.
- Le milieu local : Une position sera d'autant meilleure qu'elle est située au milieu de deux intersections successives, et non pas collée à une intersection. Pour mesurer ce critère, la petite taille de l'écriture nous permet d'assimiler sa position au milieu du rectangle. On projette ce point sur l'objet (cf. figure 5) et on calcule son abscisse curviligne par rapport à l'un des intersections. la valeur est définie sur $[0, M/2]$ où M est l'abscisse curviligne qui sépare les deux intersections.
- La portion rectiligne : On cherche une position qui longe une partie rectiligne de la courbe plutôt qu'une partie chaotique, même si celle-ci peut être approximée par un segment. Sachant que l'écriture doit être à une distance inférieure à un seuil S_{\max} de la courbe et supérieure à S_{\min} , le

critère est défini sur $[0, L / (S_{\max} - S_{\min})]$ où L est la longueur de la base du rectangle.

• La mutilation d'informations : L'écriture, dans la mesure possible, ne doit pas écraser les informations du fond de carte. Plus elle en écrase, moins la qualité est bonne. Ce critère peut amener jusqu'à éliminer une position (par exemple un numéro de route ne peut écraser une autre route).

Pour mesurer cette mutilation, le fond de carte est rasterisé comme pour les écritures horizontales [14]. On effectue une pondération de chaque pixel en fonction de l'information allant jusqu'à l'interdiction pure et simple de la position. Si une position ne contient aucun pixel rédhibitoire, le critère de mutilation est la moyenne des poids des pixels.

Pour éviter que la position ne soit trop proche d'un autre objet linéaire, la boîte englobante est dilatée. Ainsi, le pixel interdit d'une autre route trop proche supprimera cette position. La finesse de rasterisation doit être un compromis entre la précision des recherches et la rapidité du processus, sachant que ce processus est très coûteux dès lors que la matrice est grande.

Pour assurer la qualité du placement, il nous faut pouvoir mesurer la qualité de chaque position possible, en fonction des critères ci-dessus. Or, même si le cartographe privilégie certains critères par rapport à d'autres, les règles n'offrent aucun ordre stricte de préférence entre les critères. Ils doivent être pris simultanément. Pour une position, chaque critère est mesuré et normalisé sur $[0,1]$.

En cartographie, les positions contenant des situations extrêmes (l'un des critères est catastrophique) doivent être prohibées. L'élévation au carré de chaque variable permet d'accentuer le coût des positions extrêmes.

Ainsi, pour chaque position j d'un objet linéaire i , on obtient n

critères c_k , décrits ci-dessus et normalisés tel que :

$$P_{ij} = \sum_{k=1, \dots, K} \alpha_k C_k(ij)^2 \text{ avec } \sum_k \alpha_k = 1 \quad c_k(ij) \text{ étant la valeur du critère } k, \text{ normalisé, pour la position } j \text{ de l'objet } i.$$

L'agencement

Le réseau est donc découpé en tronçons à nommer avec, pour chacun, un liste de positions possibles quantifiées. La taille de la liste doit être un compromis entre la qualité et le temps de calcul (30 positions possibles par tronçon). Il nous faut maintenant sélectionner la *position effective* de chaque tronçon. Le placement d'une écriture doit prendre en compte les autres écritures pour assurer une bonne qualité à la carte. Cette interaction entre écritures joue à deux niveaux.

Au niveau local, l'écriture d'une portion d'une route doit être placée de manière à assurer une certaine régularité avec les positions effectives des autres portions de la route. Pour cela, on recherche, pour chaque occurrence sur la route, une position qui d'une part possède une qualité intrinsèque maximale, et d'autre part participe à une répartition régulière sur la route associée.

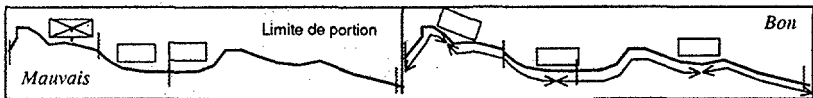


Figure 5 : Le rôle de la répartition locale

La distance entre deux écritures se mesure par la différence de leur abscisses curvilignes (cf. milieu local). La régularité se caractérise par une valeur similaire pour toute distance entre deux occurrences voisines d'une écriture d'une route (cf. figure 5).

On cherche donc un ensemble de *positions effectives* pour une route (une position par portion) qui offre une distance d'une écriture à son voisin à peu près constante, et qui couvre toute la route. De plus, les positions des portions extrêmes de la route doivent être plus proches des extrémités de la route pour mieux les marquer. Enfin, la qualité intrinsèque de chaque position doit être maximale. Bref, on cherche pour une route composée de N portions, un ensemble de positions de poids (P_1, \dots, P_N)

tel qu'il minimise :

$$\alpha \frac{((d_{ac}(p_1) - \frac{n}{2})^2 + \sum_{i=1}^{k-1} (d_{ac}(p_{i+1}) - d_{ac}(p_i) - n)^2 + d_{ac}(p_k - \frac{n}{2})^2)}{n^2(N+1)} + \beta \frac{\sum p_i^2}{N}$$

avec $n =$ Taille de la route T /
 nombre de portions N , $d_{ac}(p_i)$
 est l'abscisse curviligne de la
 position sélectionnée pour la
 portion i et $\alpha + \beta = 1$.

Le recuit simulé plus une "descente de gradient" offre une résolution très satisfaisante de cette minimisation.

L'agencement global. Les règles cartographiques obligent les écritures à ne pas se superposer, ni à se coller. Le problème du collage est ramené à un problème de superposition en dilatant la boîte englobante de chaque écriture. La sélection des positions effectives doit éviter toute superposition de boîtes. Pour traiter ce problème NP-complet, deux types d'approches ont été proposés dans la littérature (cf. Etat de l'art). Pour les objets linéaires, l'approche séquentielle est intéressante puisque le risque de blocage est exceptionnel mais la qualité peut s'en ressentir. Les méthodes séquentielles sont rapides mais elles n'offrent pas forcément un placement optimal. De plus, le coût d'un retour en arrière est élevé puisque la modification d'une écriture d'une portion implique la modification des autres écritures du symbole linéaire. La réaction en chaîne est à craindre. D'un autre côté, la méthode de résolution de Cromley est intéressante théoriquement mais la résolution d'une telle minimisation ne peut être que statistique puisque la fonction n'est ni dérivable, ni strictement convexe. Outre le problème que pose la résolution d'une telle fonction, la prise en compte de l'agencement local risque d'alourdir la fonction à résoudre et d'augmenter les temps de calcul pour assurer une bonne solution. On peut en fait se permettre d'utiliser une méthode "pseudo-séquentielle", puisque les cas de conflits sont exceptionnels et les positions subsidiaires sont nombreuses et satisfaisantes. Les routes sont prises une par une, et la répartition locale est minimisée par recuit simulé. Les positions possibles des autres routes en conflit avec les positions effectives issues du recuit sont supprimées de la liste des positions possibles des routes non encore nommées. Cependant, la minimisation globale (répartition locale + conflits) pourrait être implémenté à terme si le positionnement de l'ensemble des écritures (écritures à position + écritures à disposition) s'effectue simultanément.

Résultats expérimentaux

Un essai sur un extrait de la carte routière de la France au 1/1 000 000 (région de Bordeaux) a été effectué. L'extrait étant issu d'une carte routière, les positions possibles sont nombreuses. La sélection est donc "pseudo-séquentielle".

Cet extrait contient 2125 arcs, qui composent le réseau routier en 632 routes nommées. Le découpage donne 1238 unités routières regroupées en 865 portions. L'ensemble du processus est effectué en 2 minutes 30 sur une station DEC Alpha. A titre d'information, sur la même station, l'application sur la France entière (26066 arcs) propose un placement (10187 portions à numéroter) en 1 heure 40.

La sortie sur l'extrait a été expertisée par un cartographe de l'IGN. **88% des positions ont été estimées satisfaisantes.** Des tests plus poussés devraient suivre sur la région de Montpellier au 1/25 000. Depuis, un placement automatique des kilométrages a été développé au COGIT. La méthode décrite ci-dessus a été adaptée au placement des kilométrages [15]. Ce processus contient la recherche des meilleurs chemins à nommer en fonction de pastilles pré-positionnées.

Ceci donne encore d'excellents résultats : 85% de mesures kilométriques satisfaisantes en 3 minutes 10 sur DEC Alpha. La figure 6 regroupe les placements des noms à position, des numéros de routes et des kilométrages positionnés par les différents systèmes du COGIT (Rappel : Le placement des écritures à position s'effectue en 2 minutes sur la même station, pour 80% de bonnes positions). Les résultats sur l'ensemble de la France sont affichés au poster de F. LECORDIX de ACI'95.

CONCLUSION ET PERSPECTIVES

Cet article avait pour but de présenter les contraintes auxquels doit faire face un cartographe lors du positionnement des écritures d'objets linéaires et visait à introduire les problèmes que devra résoudre une application désireuse d'automatiser ce processus. La troisième partie de cet article utilise les notions présentées pour le cas particulier des objets linéaires que sont les routes du réseau principal dont la forme lissée et la petite taille du nom permettent de restreindre le problème et de répondre aisément aux critères de qualité cartographique décrits.

Les résultats issus de la méthode développée étant très encourageants, il nous faut étendre le problème aux courbes quelconques et affronter les problèmes décrits ci-dessus. A savoir, une bonne détection des portions susceptibles de porter un ou plusieurs mots, la recherche à partir de ces portions de positions possibles pour chacun des mots de l'écriture, la gestion des mots entre eux afin d'assurer une lecture aisée et la sélection des positions effectives en tenant compte des conflits.

Il est important de remarquer qu'il reste un point qui n'a pas été abordé. La gestion des écritures entre elles se résume jusqu'à présent et pour toutes les méthodes développées à ne traiter que les conflits directs (superposition de boîtes englobantes, en traitant les collages par dilatation de ces boîtes). Or, l'un des principes cartographiques insiste sur l'harmonisation de la répartition des écritures. Ce critère a été négligé jusqu'à présent parce que le positionnement des écritures a un degré de liberté très faible de ce côté là. Bien sûr, ce point est en partie traité lors de la sélection des objets, mais tant que le voisinage des écritures ne sera géré que de manière booléenne, le positionnement automatique ne pourra pas être beaucoup plus performant qu'il ne l'est aujourd'hui.

REFERENCES

- [1] Ahn J. & Freeman H. A program for Automated Name Placement. Proc Autocarto 6, 1983. Vol 2, p 444-453, 1983.
- [2] Barrault M. An Automated System for Linear Feature Name Placement which Complies with Cartographic Quality Criteria, AutoCarto XII, pp. 321-330, Mars 1995.
- [3] Chirié F. Programme de positionnement automatique des noms de communes. COGIT, IGN, Paris, 1992.
- [4] Cromley R.C. A Spatial Location Analysis of the Point Annotation Problem. Proceedings, Second International Symposium on Spatial Data Handling, pp. 38-49, Seattle, Washington, 1986.
- [5] Cuenin R. Cartographie Générale, Tome 1. Notions générales et principes d'élaboration. Eyrolles, 1972.
- [6] Cromley R. Principal axis line generalization, Computers & Geosciences col. 18, n. 8, p.1003 à 1011, 1992.
- [7] Destandau C. Essai de positionnement automatique des numéros sur un réseau routier, Rapport de stage de fin d'études, IGN, 1984.
- [8] Dudek G. & Tsoisos J. Recognizing planar curves using curvature-tuned smoothing, IEEE, 130-134 1990.
- [9] Fairbain D.J. On the nature of cartographic text, The Cartographic Journal, pp. 104-111, Décembre 1993.
- [10] Feigenbaum M. Conference Proceedings RIAO '4, vol.2, pp. 121-124, Octobre 1994.
- [11] Hirsch S.A. An algorithm for automatic name placement around point data, The American Cartographer, vol. 9, No. 1, pp.5-17, 1982.
- [12] Imhof E. Positioning Names on Maps. The American Cartographer, Vol.9, n.1, pp. 5-17, 1975.
- [13] Jones C.B. & Cook A.C., Rule-based name placement with Prolog, AUTO-CARTO 9, pp.231-240, 1989.
- [14] Lecordix F., Plazanet C., Chirié F., Lagrange J.P., Banel T. & Cras Y., Placement automatique des écritures d'une carte avec une qualité cartographique. Proc EGIS'94 Paris, pp. 22-32, 1994.
- [15] Marrot J.M. Positionnement automatique des kilométrages, Rapport de DESS (Master Level), 1994.
- [16] Mower J.E. Name placement of point features through constraint propagation, Proceedings Second International Spatial Data Handlings, pp. 65-73, 1986.
- [17] Saund E. Identifying salient circular arcs on Curves, CVGIP: Image Understanding, vol. 58, pp. 327-337, Novembre 1993.
- [18] Worring M. & Smeulders A. Digital Curvature Estimation, CVPIP : Image Understanding, vol. 58, pp.

327-337, Novembre 1993.

[19] Yoeli P. The logic of automatic map lettering. The cartographic journal, vol. 9, no. 2, pp. 99-108, 1972.

[20] Zoraster S., Integer programming applied to the map label placement problem. Cartographica, Vol. 23, n. 3, pp. 16-27, 1986.



Figure 6 : Positionnement automatique des écritures sur la région de Bordeaux au 1/1 000 000