

République Algérienne Démocratique et Populaire
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique
Université AMAR TELIDJI Laghouat



FACULTE DES SCIENCES ET DES SCIENCES DE L'INGENIEUR
DEPARTEMENT D'INFORMATIQUE

Mémoire de fin d'études

Pour l'obtention du diplôme d'Ingénieur d'Etat en Informatique

Option : Intelligence Artificielle (IA)

Thème :

Résolution des conflits routiers cartographiques linéaires
par les algorithmes de Jenks, de Mustiere et de La Baudruche

Encadré par

Mr Mohamed Yagoubi

Réalisé par

- *Hamama Siham*
- *Ben tairache Siham*

Co-encadré par

M^{elle} Nardjes Hamini

Promotion : 2009/2010

Sommaire

Chapitre 1 : Introduction générale 1

1. Mise en contexte.....	2
2. Problématique.....	3
3. Objectifs	3
4. Plan de travail.....	4
5. Contenu des chapitres.....	6

Chapitre 2 : Généralités sur la cartographie 7

1. Introduction	8
2. Définition de la cartographie.....	8
3. Définition de l'information géographique.....	8
4. Comment se situer dans un globe.....	9
5. Le passage du globe à la carte plane	10
5.1 Définition de la projection.....	11
5.2 Les types des projections.....	11
5.2.1 La projection conique	11
5.2.2 Les projections cylindriques.....	12
5.2.3 Les projections azimutales	13
6. La carte géographique	13
6.1 Définition	13
6.2 Histoire	13
6.3 Les composants d'une carte géographique.....	15
6.3.1 Thème d'une carte géographique	15
6.3.2 Echelle d'une carte géographique	16
6.3.2 Orientation d'une carte géographique	17
6.3.4 Projection d'une carte géographique.....	17
7. Construction d'une carte géographique.....	17
7.1 L'acquisition des données	18
7.1.1 Les images satellitales.....	18
7.1.2 Les images photographies aériennes	19
7.1.3 GPS (Global Positioning System)	20
7.2 Modes de représentation de l'information géographique.....	21
7.2.1 Le mode raster	21
7.2.2 Le mode vecteur	21
8. Les systèmes d'informations géographiques (SIG)	22
8.1 Définition d'un SIG.....	22
8.2 Les principales fonctionnalités d'un SIG	24
9. La généralisation cartographique	25
9.1 Les opérateurs de généralisation cartographiques.....	27
9.1.1 Les opérateurs de Simplification.....	27
9.1.2 Les opérateurs de caricature	28
9.1.3 Les opérateurs d'harmonisation	29

11. Les types de généralisation	30
11.1 La généralisation d'objets	30
11.2 La généralisation conceptuelle	30
11.3 La généralisation cartographique	30
12. Les méthodes de généralisation.....	31
12.1 La généralisation automatique	31
12.2 La multi représentation.....	31
12.3 La méthode combinée	32
12.3.1 La dérivation à partir de base de données multi échelles	32
12.3.2 Les objets auto généralisants (SGO)	32
13. Conclusion.....	33

Chapitre 3 : La plateforme de généralisation 34

1. Introduction	35
2. Définition d'une plateforme	35
3. La plateforme de généralisation	35
4. La plateforme PÉGASE	35
5. Buts de la réalisation de la plateforme	37
6. Outils de construction.....	38
6.1 Delphi.....	38
6.2 MapX.....	38
6.3 MapInfo	39
7. Algorithmes existants.....	40
8. Manques	41
9. Conclusion.....	43

Chapitre 4 : Les algorithmes choisis..... 44

1. Introduction	45
2. Propriétés des objets linéaires	45
2.1 Propriétés géométriques	45
2.2 Propriétés graphiques	46
2.3 Propriétés sémantiques	47
3. Type d'objets linéaires	47
3.1 Les routes	47
4. Les algorithmes de généralisation du routier	49
4.1 L'algorithme de Jenks 1989	49
4.1.1 Présentation de l'algorithme.....	49
4.1.2 Les étapes de l'algorithme.....	49
4.1.3 Pseudo code de l'algorithme	51
4.2 L'algorithme de Mustiere 1998.....	52
4.2.1 Présentation de l'algorithme.....	52
4.2.2 Les étapes de l'algorithme.....	53
4.2.3 Pseudo code de l'algorithme	58
4.3 L'algorithme de La Baudruche 1997	60
4.3.1 Présentation de l'algorithme.....	60

4.3.2 Les étapes de l'algorithme.....	60
4.3.3 Pseudo code de l'algorithme	63
5. Conclusion.....	65

Chapitre 5 : Implémentation, tests et analyse..... 66

1. Introduction	67
2. Les échantillons de données	67
2.1 Les échantillons de routes	67
2.2 Les échantillons de virages	68
3. Algorithme de Jenks.....	69
3.1 Implémentation.....	69
3.2 Tests et analyse.....	70
3.3 Comparaison avec l'algorithme de Douglas - Poiker.....	72
4. Algorithme de Mustiere	78
4.1 Implémentation.....	78
4.2 Tests et analyse.....	79
5. Algorithme de La Baudruche	81
5.1 Implémentation.....	81
5.2 Test et analyse	82
5.3 Comparaison avec l'algorithme de l'Accordéon :.....	85
6. Adjonction des algorithmes à la plateforme de généralisation.....	87
7. Conclusion.....	89

Chapitre 6 : Conclusion générale..... 90

Bibliographie & Webographie.....93

Annexe des définitions96

Table des figures

Figure 1-1	Plan de travail	4
Figure 2-1	Les parallèles.	9
Figure 2-2	Les méridiens.....	10
Figure 2-3	Quadrillage de la Terre [Pun , 10].	10
Figure 2-4	Le globe terrestre vu comme un ballon que l'on dégonfle pour le ramener à un plan [Age, 00].	11
Figure 2-5	Le principe de projection de conique [Age, 00].	12
Figure 2-6	La projection cylindrique [Age, 00].	12
Figure 2-7	La projection azimutale [Age, 00].	13
Figure 2-8	Carte mondiale datant de 1154 réalisée par Al Idrissi pour Roger de Sicile [Dom, Éri, 06]	14
Figure 2-9	Homothétie [Man, 06].	16
Figure 2-10	L'orientation d'une carte géographique.....	17
Figure 2-11	Image satellitale [Gou, 08].	18
Figure 2-12	Une photo aérienne [Age, 00].	19
Figure 2-13	GPS Garmin Streetpilot 2620 [Age, 00].	20
Figure 2-14	Deux objets représentés en mode raster et en mode vecteur [Duc, 04].	22
Figure 2-15	Extrait de la base de données BDTopo®, affiché avec le SIG LAMPS2[Dev, 97].	23
Figure 2-16	Principales composantes du SIG [TPS, 08].....	24
Figure 2-17	Réduction et Généralisation de cartes du 1:25.000 au 1:100:000[Mus, 01].	26
Figure 2-18	Passage d'une BDG trop détaillée à une BDC routière, avec et sans généralisation[Mus, 01].	26
Figure 2-19	Les opérateurs de simplification [Mus, 01].	28
Figure 2-20	Les opérateurs de caricature [Mus, 01].	29
Figure 2-21	Les opérateurs d'harmonisation [Mus, 01].	29
Figure 3-1	Capture écran de la plateforme PÉGASE.....	36
Figure 3-2	Capture écran de Mapinfo 7.	39
Figure 4-1	Une polyligne de cinq segments et six points.....	45
Figure 4-2	Le style de la ligne.	46

Figure 4-3	La couleur de la ligne.	46
Figure 4-4	L'épaisseur de la ligne.	47
Figure 4-5	Les types de routes [Duc, 04]..	48
Figure 4-6	Exemples de incorporations de routes urbaines.....	48
Figure 4-7	Description de l'algorithme de JENKS [Man, 06].	49
Figure 4-8	Empatement d'une ligne symbolisée [Mus, 01].	52
Figure 4-9	Dilatation d'une ligne.	53
Figure 4-10	Partie d'une ligne dilatée.	54
Figure 4-11	Dilatation de côté 1 d'un segment.....	55
Figure 4-12	Dilatation de côté 2 d'un segment.....	56
Figure 4-13	Intersection entre deux segments dilatés.	56
Figure 4-14	Résultat de la dilatation	57
Figure 4-15	La distance maximale.	57
Figure 4-16	Principe de La Baudruche.....	60
Figure 4-17	Vecteur perpendiculaire.....	61
Figure 4-18	La longueur curviligne S_v	61
Figure 4-19	La longueur curviligne S	62
Figure 5-1	Quelques échantillons des routes	68
Figure 5-2	Des échantillons de virages simples [Pla, 96].	68
Figure 5-3	Des échantillons de virages complexes [Pla, 96].	69
Figure 5-4	Capture écran de l'interface de Jenks.	70
Figure 5-5	Filtrage de Jenks : Le changement des paramètres.....	71
Figure 5-6	La ligne initiale	72
Figure 5-7	La ligne après le filtrage de Jenks	72
Figure 5-8	La ligne initiale	72
Figure 5-9	La ligne après le filtrage de Jenks	72
Figure 5-10	L'algorithme de Douglas et Poiker [Ham,08].	73
Figure 5-11	Comparaison de Jenks avec Poiker (st =0.23).	74
Figure 5-12	Comparaison de Jenks avec Poiker (st =0.47).	75
Figure 5-13	Comparaison de Jenks avec Poiker (st =0.16).	76
Figure 5-14	Comparaison de Jenks avec Poiker (st =0.12).	77
Figure 5-15	Capture écran de l'interface de Mustiere.....	78
Figure 5-16	Mesure d'empatement de Mustiere.	79
Figure 5-17	Mesure d'empatement de Mustiere sur différents échantillons de routes.	81

Figure 5-18	Capture écran de l'interface de La Baudruche.	82
Figure 5-19	L'application de La Baudruche.	84
Figure 5-20	Le virage initial	84
Figure 5-21	Le virage gonflé inf=0.1.	84
Figure 5-22	Le virage initial	84
Figure 5-23	Le virage gonflé inf=0.11.	84
Figure 5-24	Le virage initial	84
Figure 5-25	Le virage gonflé inf=0.12.	84
Figure 5-26	Le virage initial	85
Figure 5-27	Le virage gonflé inf=0.11.	85
Figure 5-28	Principe de L'Accordéon.	85
Figure 5-29	Comparaison d'application entre La Baudruche et l'Accordéon.	87
Figure 5-30	Captures écran de l'exécution de Jenks, de Mustiere et de La Baudruche.....	88

Table des tableaux

Tableau 2-1	Les différents opérateurs de généralisation [Mus, 01].....	27
Tableau 3-1	Outils de généralisation développée sur La Plateforme PÉGASE [Ham, 08].	37
Tableau 3-2	Les algorithmes implantés dans PÉGASE [Ham, 08].	40
Tableau 3-3	Les algorithmes de généralisation.....	41
Tableau 3-4	Les mesures cartographiques [Ham, 08].....	42

Certaines abréviations

BDC	Base de Données Cartographiques.
BDG	Base de Données Géographiques.
ESI	Ecole nationale Supérieure d'Informatique.
SIG	Systèmes d'Information Géographiques.
IGN	Institut Géographique National.
COGIT	Conception Objet et Généralisation de l'Information Topographique.

Chapitre 1

Introduction

Ce chapitre vise à présenter le contexte de notre étude, sa problématique, le plan de travail ainsi que les objectifs à réaliser.

1. Mise en contexte

La description de la Terre a toujours été une des préoccupations de l'homme. De la cartographie des terres découvertes à la compréhension des phénomènes qui organisent chaque élément de la Terre, le géographe précise sa perception du monde par la conception de méthodes adaptées [Bof, 01].

De nos jours, la cartographie connaît une véritable révolution. La photographie aérienne puis le développement des capteurs numériques et la multiplication des instruments en orbite (télédétection par satellite) et le développement des outils et techniques informatiques offrent la possibilité de décrire les zones terrestres les plus inaccessibles comme l'Antarctique.

La cartographie désigne la réalisation et l'étude de cartes afin de représenter le monde réel sous forme graphique et géométrique. La cartographie constitue un des moyens privilégiés pour l'analyse et la communication en géographie. Elle sert à mieux comprendre l'espace, les territoires et les paysages. Elle est également utilisée par d'autres sciences dans le but de proposer une lecture spatialisée de phénomènes. En d'autre terme la cartographie c'est la science de création de cartes géographiques qui représentent l'information géographique ou spatiale sous forme d'un message clair et compréhensible.

Dans une application spatiale, l'utilisateur manipule en général des cartes et il passe souvent d'une échelle à une autre, le passage d'une échelle plus grande à une échelle plus petite peut nuire à l'aspect de la carte elle paraît alors encombrée, devient illisible et des conflits cartographiques peuvent apparaître exemple : une route peut s'empâter de manière à ce que ses virages ne se distinguent plus les uns des autres, dans ce cas il n'existe qu'un seul moyen de régler ces problèmes, c'est de recourir à une généralisation [Ham, 08].

La généralisation cartographique consiste à minimiser le contenu de la carte en éliminant judicieusement certains objets cartographiques et à régler les conflits cartographiques qui s'y trouvent afin de la représenter sur une surface plus petite et de façon moins détaillée. Donc la généralisation est une opération d'abstraction qui permet de créer des données plus simplifiées tout en conservant l'information essentielle véhiculée par la carte, dont l'objectif principal est d'améliorer la lisibilité de la carte afin de faciliter la lecture de l'information.

Notre travail s'inscrit dans le cadre de la généralisation automatique des objets linéaires et plus particulièrement celle des routes. Ce sujet vise principalement à l'enrichissement de la plateforme de généralisation cartographique PÉGASE (Plateforme pour l'Etude de la Généralisation Axée Spatial, Extensible) dont les bases ont été ancrées par M^{elle} Hamini [Ham, 08] dans le cadre de son mémoire de magister et une partie a été réalisée par [Sao, 09] dans le cadre de leur mémoire de projet de fin d'étude.

2. Problématique

L'automatisation de la généralisation étant très récente, il n'existe pas de solutions commercialisées. Les quelques solutions existantes restent la propriété des laboratoires de recherches, et offrent des résultats peu satisfaisants. Obtenir une carte généralisée reste cher et très laborieux à réaliser de l'ordre de plusieurs mois.

L'automatisation du processus de généralisation passe par l'élaboration d'outils de base permettant de réaliser les transformations géométriques sur les données. On recense dans la littérature un grand nombre d'outils de généralisation des objets linéaires tels que les algorithmes et les mesures mais rares sont ceux qui ont fait leurs preuves. Notre projet consiste à enrichir la plateforme de généralisation cartographique PÉGASE (Plateforme pour l'Etude de la Généralisation Axée Spatial, *Extensible*), avec trois algorithmes: Jenks, La Baudruche et la mesure d'empâtement de Mustiere, après les avoir tester, analyser et valider.

3. Objectifs

Les objectifs sont divisés en deux parties :

- Les objectifs à petit terme :
 - Etudier les algorithmes de Jenks, de la Baudruche et la mesure d'empâtement de Mustiere.
 - Les ajouter à la plateforme de généralisation.
- Les objectifs à long terme :
 - Proposer des solutions de généralisation rapides, peu coûteuses et offrant de bons résultats.

4. Plan de travail

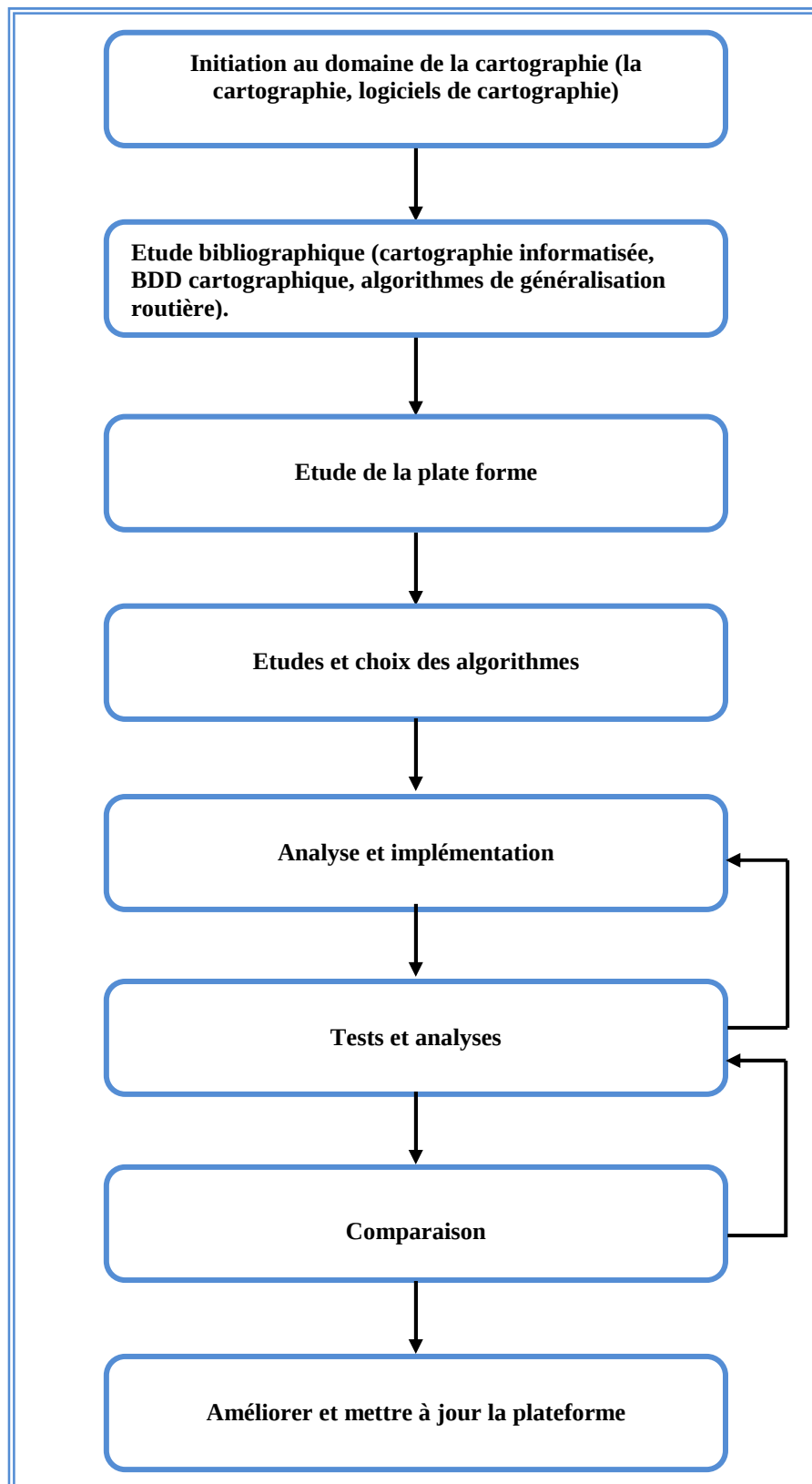


Figure 1-1 Plan de travail.

Chapitre 1 : Introduction générale

La première étape **Initiation au domaine de la cartographie** consiste à bien comprendre le domaine cartographique, les systèmes d'informations géographiques, les bases de données spatiales, la différence entre les bases de données géographiques et les bases de données cartographiques.

La deuxième étape **Étude bibliographique** consiste à collecter les informations sur la cartographie numérique, la généralisation et les bases de données cartographiques, à rassembler et à étudier les algorithmes de processus de généralisation automatique existants dans le domaine routier.

L'étape de **l'étude de la plateforme de la généralisation** consiste à étudier la plateforme existante afin de connaître sa composition, à manipuler des algorithmes de généralisation existants et surtout expérimenter les outils existants afin de faciliter l'implémentation de notre travail.

L'étape **d'Étude des algorithmes choisis** consiste à comprendre et à analyser les algorithmes que nous avons choisis d'étudier c'est-à-dire Jenks , Mustiere et La Baudruche.

L'étape **Analyse et Implémentation** va permettre d'apporter des améliorations aux algorithmes s'il y a lieu de le faire puis de les implémenter.

Dans les étapes **Tests, analyse, et comparaison**, nous allons tester les algorithmes sur les différents échantillons, et comparer les résultats avec d'autres algorithmes qui effectuent le même travail.

L'étape **Améliorer et mettre à jour la plate forme**, lorsque les principes sont bien établis et validés, il reste à adapter les algorithmes programmés à la plateforme et à la mettre à jour.

5. Contenu des chapitres

Le présent document est structuré en six chapitres. **Le premier** est une introduction générale de notre sujet dans laquelle nous détaillons les différentes parties qui le composent. Dans **le second chapitre**, on peut y trouver toutes les notions de base nécessaires à la compréhension de la cartographie. **Le troisième chapitre** définit la plateforme PÉGASE et ses composants. **Le quatrième chapitre** est dédié à la présentation des algorithmes que nous avons choisis d'étudier. Les détails de l'implémentation de ces algorithmes, les tests et les analyses effectuées sont le sujet du **cinquième chapitre**. Et enfin, le dernier chapitre est une conclusion générale de notre travail, où des perspectives futures sont proposées.

Chapitre 2

Généralités sur La cartographie

L'objectif de ce chapitre est de présenter des généralités et des notions de bases sur la cartographie.

1. Introduction

Ce chapitre est une petite introduction sur la cartographie. Nous commençons par une définition simple de la cartographie puis nous approfondirons sur la carte géographique et nous parlerons de ses composantes et de sa construction, puis nous définirons la généralisation cartographique qui est le processus de synthèse d'information et qui est communément considérée comme l'une des tâches les plus complexes même par les cartographes les plus expérimentés. Une conclusion termine ce chapitre.

2. Définition de la cartographie

La cartographie désigne la réalisation et l'étude des cartes. Le principe majeur de la cartographie est la représentation de données sur un support réduit représentant un espace réel. Ceci se fait par une prise d'informations sur le terrain.

La cartographie est aussi l'ensemble des techniques relatives à l'établissement de cartes d'après les données des recherches géographiques. C'est une discipline très ancienne dont les origines remontent aux mésopotamiens et aux chinois. Elle combine, à la fois, rigueur scientifique et sens artistique pour optimiser la clarté du message cartographique [Man, 06].

3. Définition de l'information géographique

Voici quelques définitions de l'information géographique :

De nos jours, l'information géographique constitue une ressource incontournable dans un contexte de prise de décision et les données numériques spatiales sont de plus en plus fréquemment exploitées comme support et aide à la décision par de nombreuses organisations [Pie, 08].

L'information géographique est la représentation d'un objet ou d'un phénomène réel, localisé dans l'espace à un moment donné. Elle est utilisée pour représenter d'une manière simplifiée et synthétique une partie de l'espace géographique ainsi que pour réaliser des raisonnements liés à la vie dans cet espace [Man, 06].

D'après ces définitions nous synthétisons que l'information géographique peut être définie comme l'ensemble de la description d'un objet et de sa position géographique à la surface de la Terre.

Aujourd'hui l'information géographique est stockée sous la forme de bases de données géographiques. C'est à partir de ces bases de données que l'on réalise les cartes, elles-mêmes sont sous forme numérique avant d'être imprimées [Mus, 01].

4. Comment se situer dans un globe

L'ensemble du globe terrestre est appelé monde, il est divisé en cinq continents : L'Afrique, l'Eurasie (avant c'était Europe et l'Asie), l'Amérique et l'Océanie.

Pour se repérer sur la Terre, l'homme y a tracé des lignes imaginaires : L'Equateur, les parallèles, les méridiens. La Terre ainsi quadrillée, on peut y situer tout point en donnant sa latitude et sa longitude [Pun , 10] .

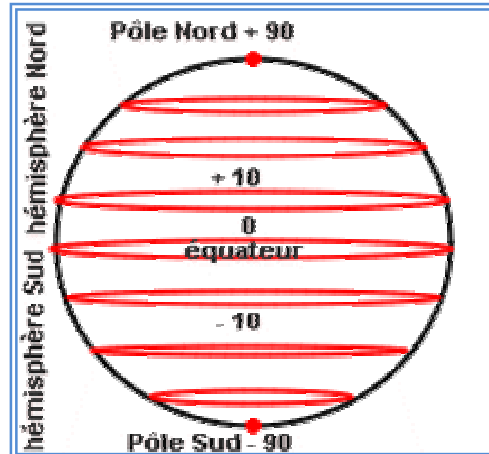


Figure 2-1 Les parallèles.

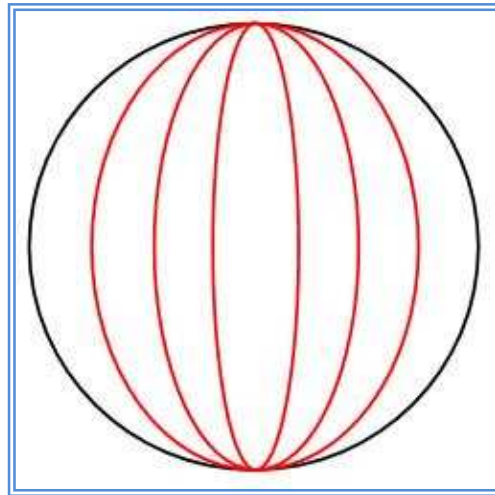


Figure 2-2 Les méridiens.

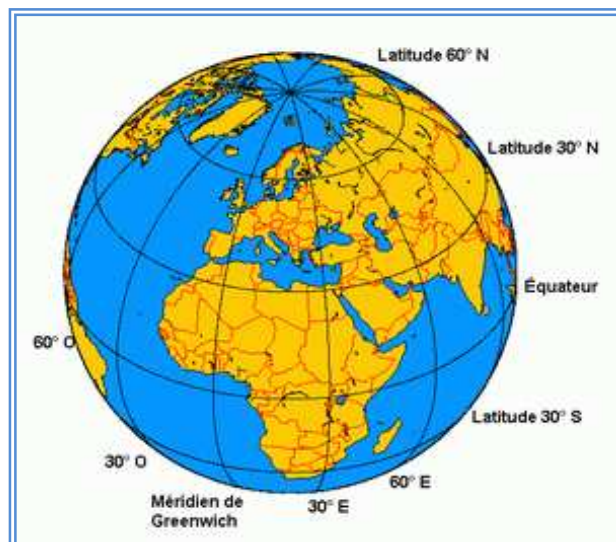


Figure 2-3 Quadrillage de la Terre [Pun , 10] .

5. Le passage du globe à la carte plane

Les cartes que nous utilisons sont planes et servent à représenter un espace, qui est à trois dimensions. Une projection de l'espace tridimensionnelle, dans le plan de la carte, est donc nécessaire. Le passage de la surface terrestre à sa représentation sur une carte plane, passe par une étape de projection selon la verticale sur l'ellipsoïde de référence. Cette étape est étudiée par la géodésie et la topographie. Un système de projection cartographique permet ensuite, de transposer une portion de cette surface de l'ellipsoïde, sur le plan d'une carte [Age, 00].

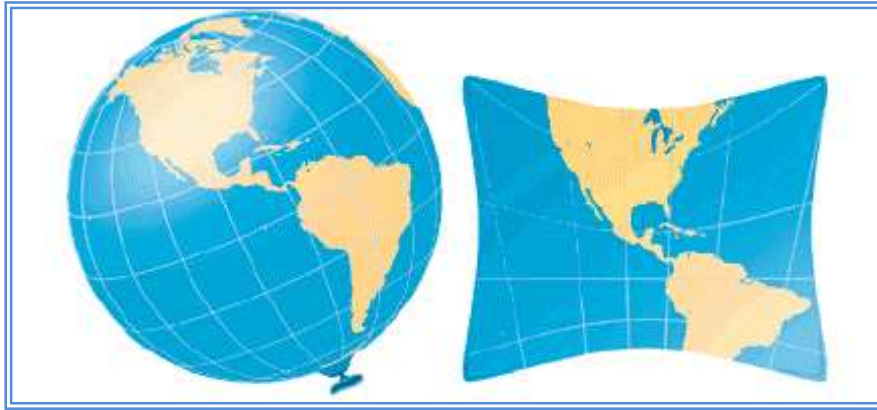


Figure 2-4 Le globe terrestre vu comme un ballon que l'on dégonfle pour le ramener à un Plan [Age, 00].

5.1 Définition de la projection

On peut définir une projection comme un moyen de correspondance analytique entre les points (latitude, longitude) de la surface à représenter (l'ellipsoïde terrestre) et les points homologues du plan cartographique (X,Y), tel que cette correspondance soit continue et biunivoque.

$$X = f(\text{latitude}, \text{longitude})$$

$$Y = g(\text{latitude}, \text{longitude})$$

f et g sont deux fonctions continues qui définissent la projection.

Si on considère un cercle sur la surface de l'ellipsoïde, sa projection sur le plan n'est généralement pas un cercle, sauf au centre de projection, mais une ellipse appelée l'indicatrice de Tissot. Les déformations en chaque point sont matérialisées par les axes de l'indicatrice.

5.2 Les types des projections

Il existe de nombreux types de projection:

5.2.1 La projection conique

Comme leur nom l'indique, ces projections correspondent à des applications de la sphère sur un cône sécant ou tangent à la sphère. Le cône étant développable, on peut en faire une représentation plane sans déformation. La figure 2-5 montre le principe général de ces projections. Selon la propriété qu'on voudra voir vérifiée, la

projection sera conforme ou équivalente.

A noter que la conformité ou l'équivalence de ces projections est maintenue pour une Terre ellipsoïdale, lorsque l'axe du cône est confondu avec l'axe de rotation de la Terre.

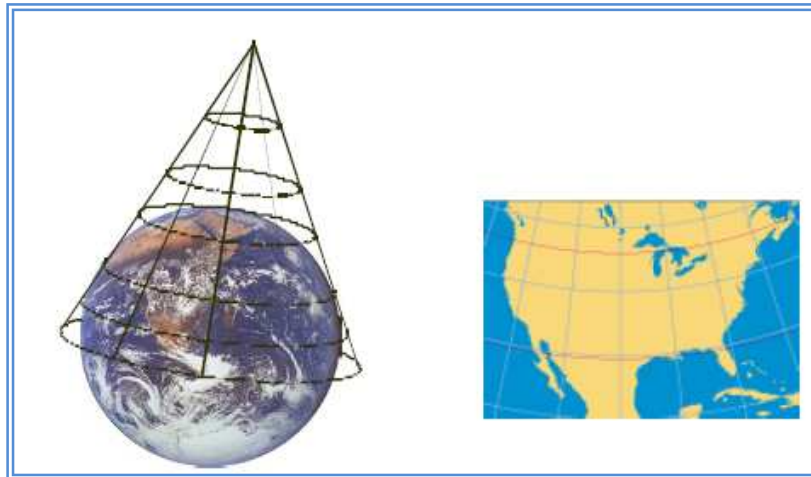


Figure 2-5 Le principe de projection de conique [Age, 00].

5.2.2 Les projections cylindriques

Les projections correspondent à des applications de la sphère sur un cylindre sécant ou tangent à la sphère. Le cylindre étant développable, on peut en faire une représentation plane sans déformation (Figure 2-6).

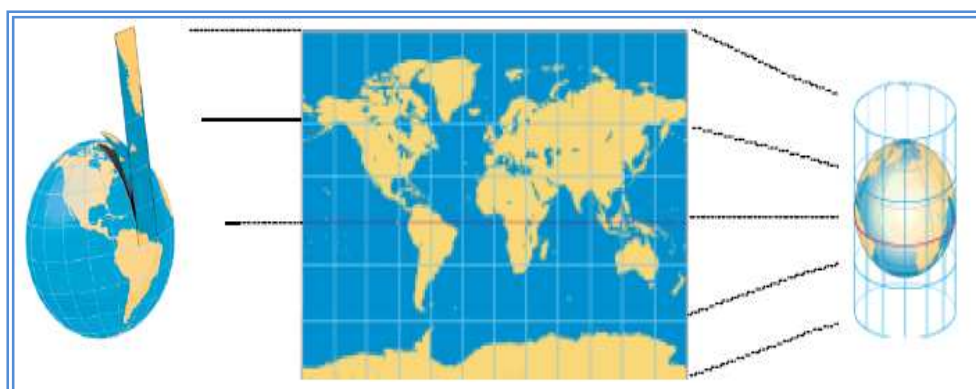


Figure 2-6 La projection cylindrique [Age, 00].

5.2.3 Les projections azimutales

Ces projections sont des projections au sens mathématique du terme : elles possèdent un centre de projection. La projection s'opère sur un plan tangent à la surface terrestre. Lorsque le point de tangence est le pôle terrestre, les parallèles apparaissent en projection sous forme de cercles concentriques, et les méridiens, sous forme de droites. Plus généralement, lorsque la surface terrestre est sphérique, la famille des grands cercles passant par le point de tangence devient dans le plan l'ensemble des droites passant par l'homologue du point en projection.

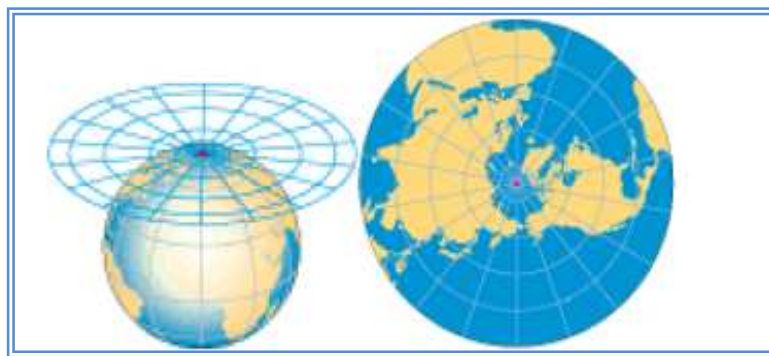


Figure 2-7 La projection azimutale [Age, 00].

6. La carte géographique

6.1 Définition

Une **carte géographique** est une représentation d'un espace géographique. Elle met en valeur l'étendue de cet espace, sa localisation relative par rapport aux espaces voisins, ainsi que la localisation des éléments qu'il contient. Les cartes servent à représenter des phénomènes géographiques, c'est-à-dire des phénomènes dont la configuration spatiale produit du sens [Wik, 10].

6.2 Histoire [Dom, Éri, 06]

Les cartes existent depuis des temps anciens, sous des formes diverses. Les premières cartes étaient établies au jour le jour, au fur et à mesure des explorations terrestres

Chapitre 2 : Généralités sur la cartographie

ou maritimes et étaient complétées suite aux nouvelles découvertes ; on trouve ainsi des cartes anciennes sur lesquelles des portions sont restées blanches.

Au XIIe siècle le géographe arabe al-Idrîsî établit une carte du monde et rassemble l'essentiel du savoir géographique de son temps.

À la fin du XIIIe siècle, les portulans sont apparus. Ils représentent les ports de commerce, les amers (objets fixes et visibles servant de point de repère en mer ou sur la côte), les îles et les abris. Ces cartes, ancêtres des cartes marines, utilisées par les marins ne détaillent pas l'intérieur des terres.

Jusqu'au XVIIIe siècle, la langue française utilisait indifféremment les mots carte et mappe qui ont donné le terme mappemonde ainsi que le vocable anglais *map*. Ainsi l'administration du Royaume de Piémont Sardaigne réalisa à la fin du XVIIIe siècle, dans le Duché de Savoie le premier cadastre européen appelé mappe sarde.

En France, la première carte topographique du territoire produite de manière systématique fut dressée par quatre générations de cartographes tous issus de la famille Cassini au XVIIIe siècle. Cette carte imposante comportait 181 feuilles au 1/86 400 qui mises côte à côte formaient un carré de 11 mètres de côté ! Cette prouesse cartographique fut entièrement réalisée par triangulation de 1756 à 1815.

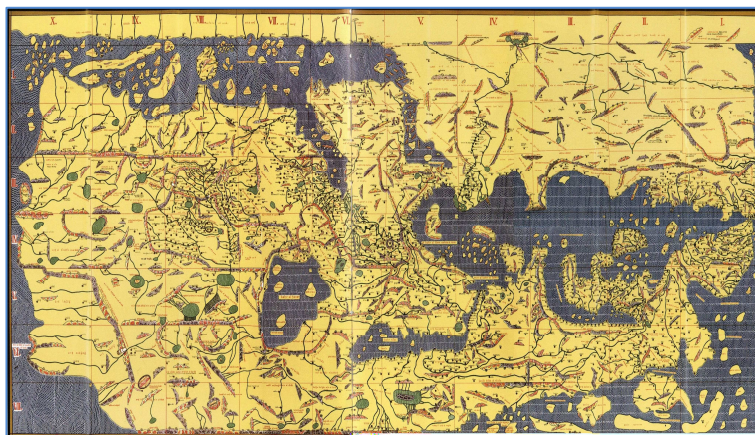


Figure2-8 Carte mondiale datant de 1154 réalisée par Al Idrissi pour Roger de Sicile [Dom, Éri, 06].

6.3 Les composants d'une carte géographique

Selon le dictionnaire (Petit Robert, 1994) la carte est définie comme suit :
« Représentation à échelle réduite de la surface totale ou partielle du globe terrestre ».

Autrement dit la carte représente le monde, c'est à dire qu'elle le décrit. C'est avant tout un instrument de communication. Aussi une carte est une abstraction du monde réel à une échelle particulière. Elle permet aux géographes de mieux analyser le terrain et de dégager une information d'une manière plus aisée [Fri, 99].

Alors la carte est faite pour faire voir et faire comprendre, La carte est aussi un message et un instrument de communication [Man, 06].

6.3.1 Thème d'une carte géographique

Un thème de carte peut être établi par la nature des phénomènes cartographiés représentés dans la carte. Voici des exemples des thèmes de cartes :

- Carte géologique : affleurant du sous-sol.
- Carte historique : phénomènes passés.
- Carte pédologique : nature des sols.
- Carte politique : États et unités administratives composant ces États.
- Carte orohydrographique : Montagnes et rivières.
- Carte routière : routes pour automobiles.
- Carte topographique : éléments du terrain.
- Carte touristique : infrastructures touristiques, éléments remarquables du paysage.
- Carte marine : tout objet (amer, signalisation, côte, etc.) utile à la navigation.
- Plan local d'urbanisme (PLU).
- Plan d'occupation des sols (POS) : règles d'utilisation des sols.
- Plan de prévention des risques : phénomènes prévisibles présentant des risques.

6.3.2 Echelle d'une carte géographique

A priori, la notion d'échelle est une notion assez simple : il s'agit d'un facteur d'homothétie entre la taille des entités sur le terrain et la taille de leur représentation sous forme d'objets sur une carte :

$$\text{Taille sur la carte} = \text{Taille sur le terrain} \times \text{Echelle.}$$

L'office québécois de la langue française en donne une définition plus complète : L'échelle d'une carte est le « rapport moyen entre la distance mesurée sur une carte et la distance réelle mesurée sur la surface terrestre sans tenir compte des distorsions attribuables au facteur d'échelle et à l'altitude » [OQLF, 04].

Plus l'échelle est petite, plus la carte est dense et les objets représentés sont petits jusqu'à se confondre à un point (Figure 2-9). Inévitablement, les objets de petite taille deviennent illisibles : on ne peut plus les reconnaître, les différencier, comprendre leur hiérarchie, voire même ne plus les apercevoir [Man, 06].

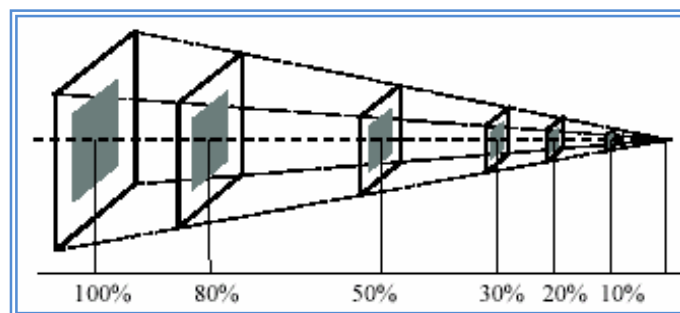


Figure 2-9 Homothétie [Man, 06].

Rappelons que pour une carte papier, l'échelle est le rapport entre la longueur d'un détail sur la carte, et la longueur de ce même détail sur le terrain. Ainsi, pour une carte au 1 : 25 000, 1cm sur la carte représente 250m sur le terrain. Plus l'échelle d'une carte est grande, plus les objets sont gros sur la carte [Duc, 04].

Selon le dictionnaire (Petit Robert) l'échelle est le « rapport existant entre une longueur réelle et sa représentation sur la carte », « rapport entre les dimensions ou distances marquées sur un plan avec les dimensions ou distances réelles » .

6.3.2 Orientation d'une carte géographique

Du Nord est une référence générale utilisée dans la plupart des cartes, mais à l'exception de certaines cartes, y compris:

- Des cartes en trois dimensions, telles que le dessin du globe sous la forme d'une sphère ou un profil circulaire.
- Cartes T-O.
- Cartes de l'Arctique et l'Antarctique.



Figure 2-10 L'orientation d'une carte géographique.

6.3.4 Projection d'une carte géographique

La projection cartographique est un ensemble de techniques géodésiques permettant de représenter la surface de la terre dans son ensemble ou en partie sur la surface plane d'une carte. Alors chaque carte est caractérisée par une projection spécifique.

7. Construction d'une carte géographique

À notre époque, les cartes se veulent une reproduction fidèle d'un paysage, d'une portion de l'espace terrestre : tous les éléments constitutifs d'un paysage sont représentés selon des conventions, avec des symboles. Chaque élément est figuré à l'échelle de la réalité, les éléments trop petits en surface plane sont remplacés par des symboles d'une taille proportionnelle à leur importance relative.

7.1 L'acquisition des données

Jusqu'au milieu du XXème siècle, l'acquisition des données géographiques constituait le principal enjeu scientifique de la cartographie.

Durant le siècle dernier, la précision et la vitesse d'acquisition des données ont été accrues par l'invention de la photogrammétrie aérienne, des satellites d'observation de la terre, des systèmes de positionnement par satellites et de l'informatique [Mus, 01].

Les méthodes d'acquisition d'images de la Terre sont nombreuses.

7.1.1 Les images satellitales

Les images satellitales sont très riches en informations de toute sorte. L'information obtenue par les images satellite permet non seulement de fabriquer et de mettre à jour des cartes, mais elle permet aussi d'analyser divers aspects du territoire. Les images satellites ne sont généralement pas aussi précises que les photographies aériennes, mais elles couvrent de grands territoires et permettent des analyses régionales. L'image satellite constitue la principale source d'information pour l'occupation du sol grâce à la télédétection.

La télédétection est l'ensemble des connaissances et techniques utilisées pour déterminer des caractéristiques physiques et biologiques d'objets par des mesures effectuées à distance, sans contact matériel avec ceux-ci [Gou, 08].



Figure 2-11 Image satellitale [Gou, 08].

7.1.2 Les images photographies aériennes

La photo est la base de nombreuses données géographiques. A partir d'appareil photo ou de caméra aéroportée (avion, ballon, ...) il est possible d'avoir de nombreux détails de la surface de la terre.

La photographie aérienne est une image prise à la verticale à l'aide d'une caméra spécialisée, installée à bord d'un avion équipé pour de tels travaux. Les prises de vues aériennes sont toujours effectuées de façon à ce que deux photographies aient un même recouvrement longitudinal et latéral. Ces recouvrements permettent d'observer le territoire en trois dimensions, à l'aide d'un appareil spécialisé. Le phénomène optique qui permet de voir en trois dimensions s'appelle la stéréoscopie.

Les photos interprètes utilisent des stéréoscopes pour regarder les photos en trois dimensions. Ces lunettes spécialisées font en sorte que l'œil droit regarde la photo de droite et l'œil gauche regarde la photo de gauche, puis notre cerveau reconstitue l'image en trois dimensions.

Afin d'obtenir une vision en trois dimensions du territoire couvert, une partie du sol représentée sur une photographie doit également être présente sur la suivante. C'est ce qu'on appelle le recouvrement. Lorsque l'avion se déplace, la zone photographiée qui est commune sur les deux photographies aériennes fournit une vue du territoire prise sous deux angles différents. En regardant cette partie à l'aide d'un stéréoscope, il est possible d'obtenir un aperçu du relief puisqu'il apparaît en trois dimensions[Gou, 08].



Figure 2-12 Une photo aérienne [Age, 00].

7.1.3 GPS (Global Positioning System)

Le système GPS est un système de positionnement mondial par satellite permettant de calculer la position de n'importe quel point sur la Terre, dans les trois dimensions. De façon instantanée, le système GPS permet d'avoir une précision de l'ordre de 20 mètres, les mesures étant brouillées par plusieurs facteurs : erreur sur l'horloge et les paramètres orbitaux des satellites, erreurs de propagation du signal dues aux conditions météorologiques et à la position des satellites, erreur due à l'horloge du récepteur, erreurs de réception dues aux réflexions du signal et, jusqu'à une date récente, erreur liée à la dégradation volontaire du signal.

Pour localiser avec une précision identique à celle de la résolution des images, il est nécessaire d'effectuer des mesures avec une précision relative entre tous les points inférieurs au mètre. Cette précision peut être obtenue par la méthode du GPS différentiel. Il s'agit d'un positionnement relatif par rapport à une station de référence placée à proximité d'un point connu. On doit donc disposer de deux récepteurs qui effectuent des mesures simultanées, l'un sur le point à déterminer, l'autre sur la station de référence. Le principe du différentiel consiste à retirer les erreurs systématiques corrélées entre la station de référence et la station mobile [Luc ,Mar ,00].



Figure2-13 GPS Garmin Streetpilot 2620[Age,00].

7.2 Modes de représentation de l'information géographique

On distingue deux grands modes de représentation de l'information géographique sous forme numérique (Figure 2-14) :

- * Le mode raster.
- * Le mode vecteur.

7.2.1 Le mode raster

Dans le **mode raster** (ou mode maillé), l'espace est partitionné en un maillage ou pavage constitué de cellules rectangulaires, souvent carrées, appelées pixels. Chaque pixel porte une information, ou plusieurs attributs qui décrivent son contenu (e.g. un morceau de route, son numéro, l'altitude, etc.). A titre d'exemple, le mode raster est le mode des photographies numériques et des images satellitaires. C'est aussi le mode de représentation de l'espace le plus utilisé dans les simulations multi-agents [Mus, 01].

7.2.2 Le mode vecteur

Dans le **mode vecteur** (ou vectoriel), un objet est modélisé par une primitive géométrique qui, en deux dimensions, peut être un point (décrit par ses coordonnées dans un repère), une ligne (décrite par une suite de points), ou une surface (décrite par son contour qui est une ligne fermée). Dans une ligne, les points sont joints le plus souvent par des segments, mais ils peuvent aussi l'être par des courbes plus complexes telles que cubiques, splines ou courbes de Bézières. Des informations descriptives peuvent également être stockées sur l'objet: un nom de route, un numéro de parcelle, etc. A titre d'exemple, La géométrie est donc décrite par un ensemble de couples (x,y) ou triplets (x,y,z) de coordonnées de ces points. Les relations topologiques entre les objets peuvent être explicitement représentées dans les BDG vecteur, par l'intermédiaire d'une structure de graphe [Duc, 04].

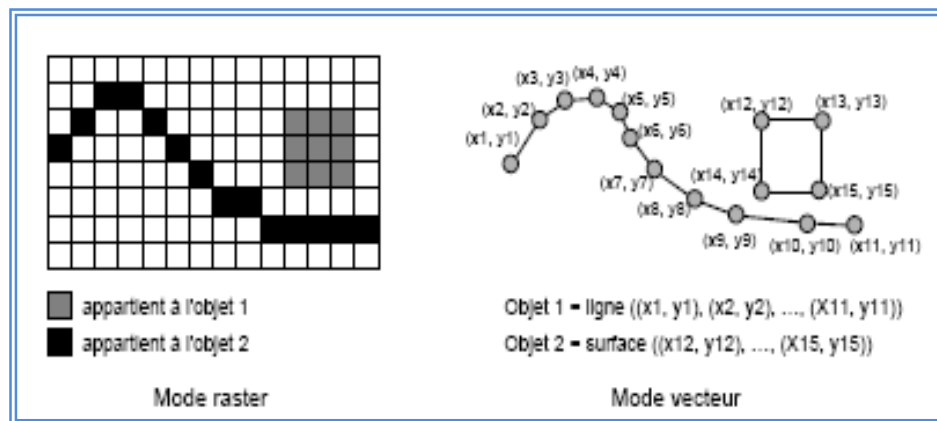


Figure 2-14 Deux objets représentés en mode **raster** et en mode **vecteur** [Duc, 04].

8. Les systèmes d'informations géographiques (SIG)

L'apparition des systèmes d'information géographique (SIG) a permis de changer plusieurs habitudes, et de redéfinir un nouveau schéma d'utilisation de l'information géographique.

8.1 Définition d'un SIG

Un Système d'Information Géographique est un ensemble de données numériques, localisées géographiquement et structurées à l'intérieur d'un système de traitement informatique comprenant des modules fonctionnels permettant de construire, de modifier, d'interroger, de représenter cartographiquement la base de données [Age, 00] .

La Société française de photogrammétrie et télédétection, 1989 définit le SIG comme suit : « Le SIG est un système informatique permettant, à partir de diverses sources, de rassembler et d'organiser, de gérer, d'analyser et de combiner, d'élaborer et de présenter des informations localisées géographiquement, contribuant notamment à la gestion de l'espace ».

Un système d'information géographique (SIG) est un logiciel permettant de manipuler des bases de données géographiques. Il comprend un système de gestion de base de données, et un ensemble d'outils spécifiques dédiés à la composante spatiale des bases de

données géographiques. Il permet ainsi de visualiser à l'écran le contenu de la base de données géographiques, et d'associer aux objets des symboles cartographiques (par exemple un trait rouge avec bordure noire pour une route), donnant ainsi un affichage qui ressemble à une carte. La Figure 2-15 montre un extrait de la base de données BDTopo® de l'Institut Géographique National (IGN), affiché grâce au système d'information géographique LAMPS2. L'extrait est affiché en (a) sans symbolisation, et en (b) avec la symbolisation de la carte topographique au 1 : 25 000 de l'IGN [Dev, 97].



Figure 2-15 Extrait de la base de données BDTopo®, affiché avec le SIG LAMPS2[Dev, 97].

Un SIG permet d'analyser les données grâce à des outils d'analyse spatiale. Les calculs peuvent être simples (longueur d'une ligne, distance euclidienne entre deux objets), ou plus complexes (calcul d'intersections entre objets, recherche du plus court chemin dans un réseau, etc.). Il permet également de transformer les données en modifiant leur géométrie. Là aussi, les outils de transformation peuvent être simples (édition d'une ligne point à point), ou plus complexes (algorithme de simplification du contour, etc.). La plupart des SIG disposent d'un langage de programmation qui permet de coder de nouveaux outils d'analyse ou de transformation [Dev, 97].

Les Principales composantes du SIG sont :

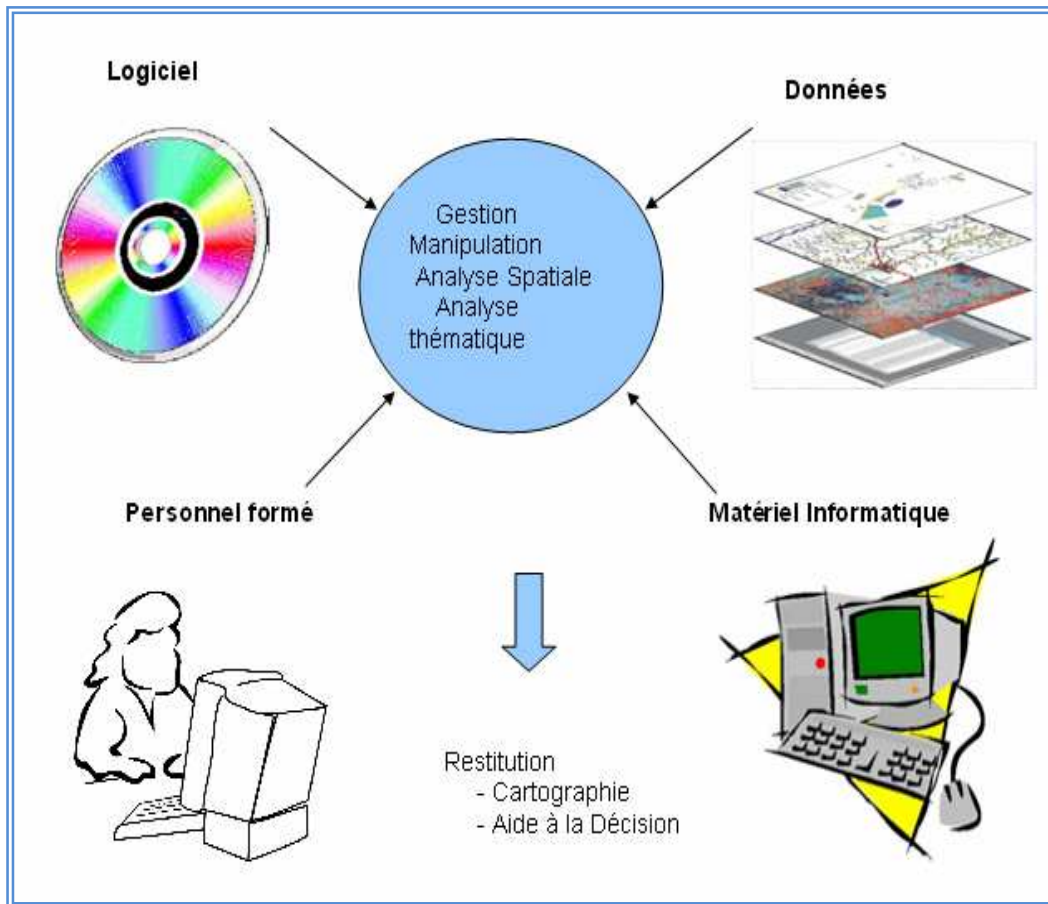


Figure 2-16 Principales composantes du SIG [TPS, 08].

8.2 Les principales fonctionnalités d'un SIG

Le SIG permet de :

- Gérer des informations dont une partie graphique ou géométrique et une partie descriptive (données attributaires ou attributs).
- Effectuer des requêtes spatiales (ex : aire d'influence d'une structure de santé).
- Disposer les objets dans un système de référence géoréférencé.
- Convertir les objets graphiques d'un système à un autre.
- Facilite la superposition de cartes de sources différentes.
- Extraire tous les objets géographiques situés à une distance donnée d'une route.

- Fusionner des objets ayant une caractéristique commune (par exemple : toutes les maisons raccordées à un réseau d'eau potable).
- Déterminer l'itinéraire le plus court pour se rendre à un endroit précis.
- Définir des zones en combinant plusieurs critères (par exemple : définir les zones inondables en fonction de la nature du sol, du relief, de la proximité d'une rivière) [Sao, 09].

9. La généralisation cartographique

Selon le grand dictionnaire des terminologies, la généralisation veut dire « Action de simplifier les éléments cartographiques et leur représentation, en fonction d'un besoin particulier et selon des règles précises. »[Ham, 08].

L'ACI (l'Association de Cartographie Internationale) a défini la généralisation comme : La sélection et la représentation simplifiée de détails en fonction de l'échelle et des objectifs de la carte [Rua, 99].

La généralisation est définie par la CFC (Comité Français de Cartographie) comme étant : « Adaptation des données qualitatives et quantitatives, par allègement du nombre des détails et simplification caractérisée des formes des tracés, en vue de l'établissement d'une carte répondant à des conditions déterminées. »

La généralisation est aussi le processus qui consiste à dériver un ensemble de données géographiques à partir de données sources par application de transformations spatiales et sémantiques. L'objectif est de réduire l'échelle de la carte ou la résolution de la base de données finale [Pla, 96].

Avant l'apparition des bases de données numériques, la généralisation cartographique désignait la création d'une carte à une échelle donnée à partir d'une autre carte à une échelle plus grande. Comme on le voit dans la Figure 2-17, cette généralisation cartographique est beaucoup plus qu'une simple réduction photographique de l'image de la carte.

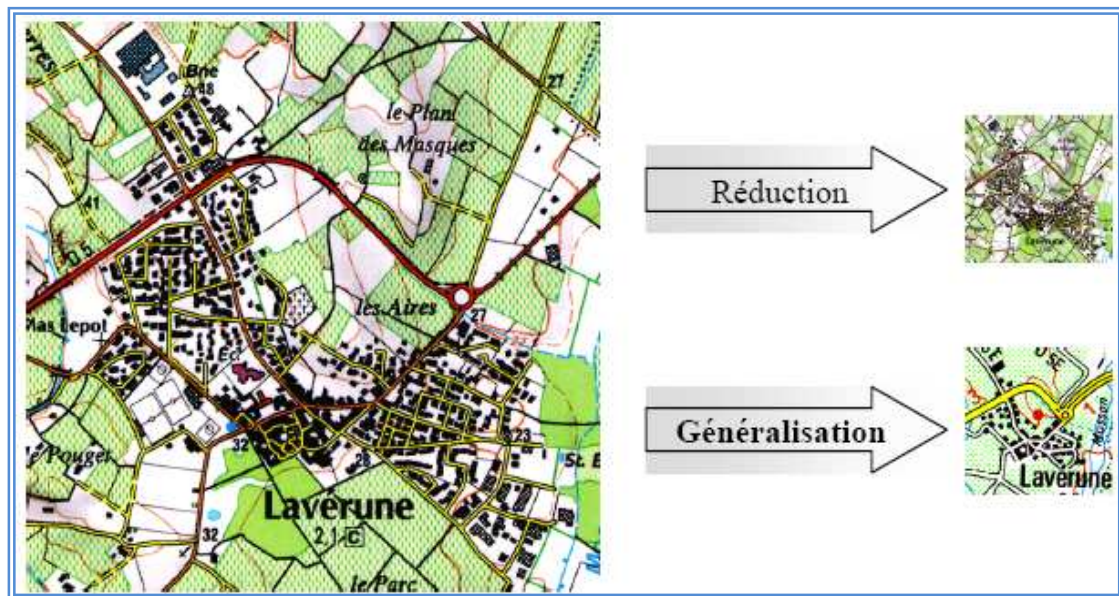


Figure 2-17 Réduction et Généralisation de cartes du 1:25.000 au 1:100:000[Mus, 01].

Désormais, la généralisation désigne aussi la création d'une carte à partir de données numériques contenant un surplus d'information par rapport aux besoins ou par rapport à la symbolisation choisie (Figure2-17). Autrement dit, la généralisation désigne le passage d'une base de données géographique BDG à une base de données cartographique BDC.

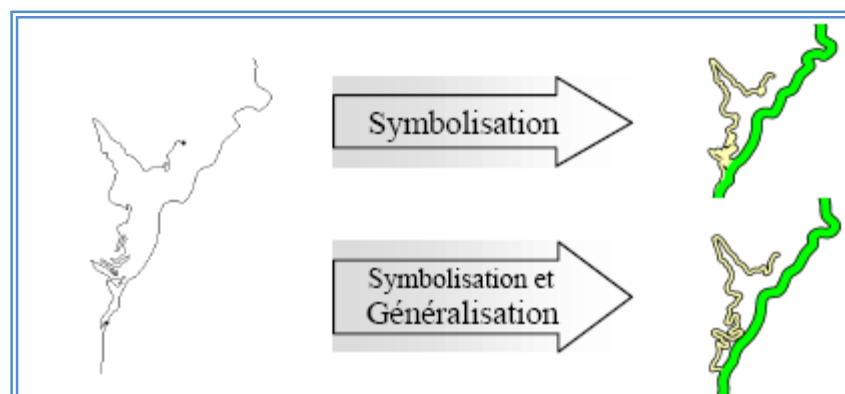


Figure 2-18 Passage d'une BDG trop détaillée à une BDC routière, avec et sans généralisation [Mus, 01].

9.1 Les opérateurs de généralisation cartographiques

La généralisation est une opération complexe qui peut être décomposée en plusieurs petites opérations appelées opérateurs de généralisation, il existe plusieurs classifications de ces opérateurs [Ham, 08], voici celle qu'on a trouvée la plus complète et la plus élaborée :

Grandes familles d'opérateurs	Sous-familles d'opérateurs	Actions effectuées pour réaliser l'opération
Simplifier <i>éliminer de l'information</i>	Généralisation de modèle <i>rendre les objets similaires</i>	Reclassification thématique Fusion Squelettiser / Couvrir
	Sélection / Élimination <i>diminuer le nombre d'objets</i>	Suppression d'objets
	Lissage / Filtrage <i>atténuer ou éliminer les parties d'un objet</i>	Déformation d'objet Suppression de parties d'un objet
Caricaturer Exagérer (appuyer) des caractères	Amplification <i>exagérer la forme et la taille</i>	Dilatation Déformation
	Structuration <i>exagérer la structure</i>	Sélection, fusion, translation Typification, schématisation
	Agrégation <i>exagérer la forme de l'ensemble</i>	Fusion Amalgamation
	Déplacement <i>exagérer les distances</i>	Translation / Décalage Déformation / Érosion
	Différenciation <i>exagérer les différences</i>	Dilatation Élimination
	Amélioration de la géométrie <i>exagérer la nature de l'objet</i>	Lissage Fractalisation Équarrissage
Harmoniser fusion, etc. gommer des différences	Équilibrage <i>atténuer les différences</i>	Lissage, élimination, Harmoniser fusion, etc.
	Rééquilibrage <i>corriger les différences réelles</i>	Lissage, élimination, fusion, etc.

Tableau 2-1 Les différents opérateurs de généralisation [Mus, 01].

9.1.1 Les opérateurs de Simplification

Tout ne peut pas être représenté sur une carte. Il faut donc réduire la densité d'information, simplifier l'espace en fonction du but de la carte. Pour cela il faut éliminer les informations "secondaires" et conserver les informations importantes. Cette notion d'importance d'une information est primordiale en cartographie. L'importance peut dépendre à la fois de la taille des objets (une petite maison est moins importante qu'une

grande), de leur forme (une maison rectangulaire est moins particulière et donc moins importante qu'une maison circulaire), de leur fonction (une gare a une fonction plus importante qu'un hangar) et surtout de leur contexte (une maison isolée est plus importante qu'une des maisons d'un lotissement). Les différentes façons de simplifier sont illustrées sur la Figure 2- 19 suivante et décrites d'après [Mus, 01].

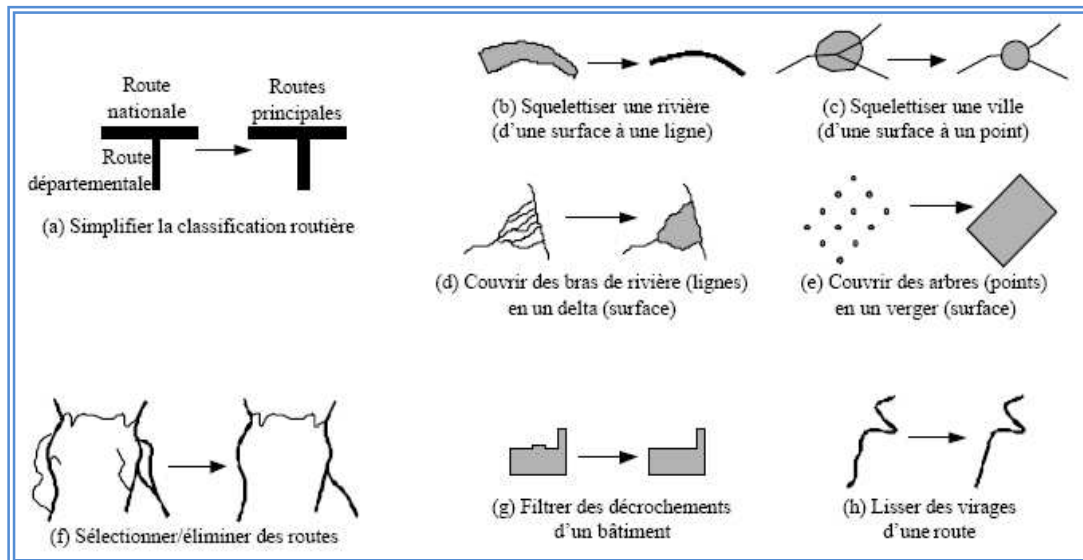


Figure 2-19 Les opérateurs de simplification [Mus, 01].

9.1.2 Les opérateurs de caricature

Simplifier n'est pas suffisant pour généraliser, il faut aussi caricaturer, c'est à dire accentuer certains caractères des objets considérés au détriment d'autres caractères [Mus, 01]. Les opérateurs de caricature consistent à exagérer l'objet en entier ou l'un de ses aspects pour le rendre plus visible ce qui fausse les valeurs réelles. Les différentes manières de caricaturer sont illustrées sur la Figure 2-20 suivante :

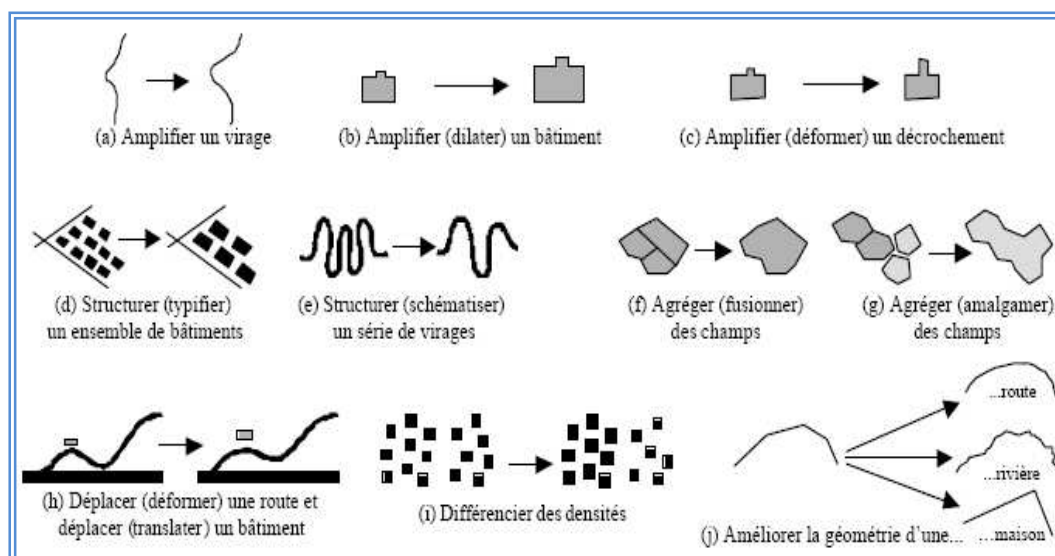


Figure 2-20 Les opérateurs de caricature [Mus, 01].

9.1.3 Les opérateurs d'harmonisation

L'harmonisation, c'est à dire l'élimination des différences entre plusieurs objets, peut tout d'abord être vue comme un objectif guidant les opérations de simplification ou de caricature. Deux raisons peuvent pousser à harmoniser : gommer les différences peu ou pas perceptibles entre plusieurs objets vis à vis de certains caractères (on peut alors parler d'équilibrage), ou corriger les écarts entre les caractères des objets qui auraient été involontairement accentués par les opérations de lissage ou de caricature (on peut parler alors de rééquilibrage) (figure2-21). L'harmonisation est parfois utilisée parallèlement à l'opération de caricature des différences, car harmoniser les caractères de certains objets permet de faire ressortir les exceptions d'un groupe [Mus, 01].

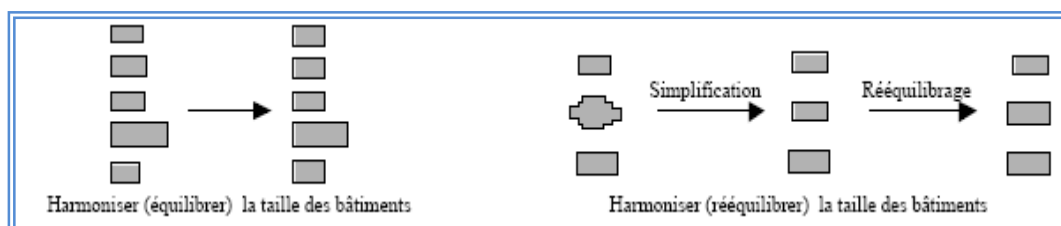


Figure 2-21 Les opérateurs d'harmonisation [Mus, 01].

11. Les types de généralisation [Ham, 08]

Il existe trois types de généralisations différentes, complémentaires et consécutives dans le monde géospatial, la généralisation d'objets, la généralisation conceptuelle et la généralisation cartographique.

11.1 La généralisation d'objets

Elle se produit lors du passage du monde réel vers la base de données informatique, car le monde est constitué d'une infinité d'informations mais lorsqu'on réalise une étude, on choisit un certain nombre d'informations à représenter, celles qui nous intéressent et on fait abstraction du reste.

11.2 La généralisation conceptuelle

Cette généralisation permet de réduire ou de simplifier le contenu d'une base de données, sur un niveau temporel pour créer une autre base de données une époque ou sur un niveau spatial pour créer une base de données avec moins d'objets ou avec des objets moins détaillés ou encore sur un niveau sémantique pour créer une base de données un utilisateur.

11.3 La généralisation cartographique

Elle consiste à dériver un ensemble de données à partir d'un autre. Cette généralisation prend principalement en compte l'aspect visuel des données, elle est appliquée lorsqu'on veut passer d'une grande échelle de la carte vers une échelle plus petite. Lors de ce passage l'espace où se trouvent les données est réduit, la carte devient encombrée, illisible et des conflits entre les objets peuvent se produire : superposition, imperceptibilité, empâtement, etc.

12. Les méthodes de généralisation [Ham, 08]

La généralisation est un processus difficile, à l'heure actuelle un long chemin a été parcouru et beaucoup de travaux ont été réalisés dans ce domaine et tous peuvent être regroupés dans les trois techniques suivantes : la généralisation automatique, la multi représentation et la méthode combinée.

12.1 La généralisation automatique

D'habitude la généralisation est réalisée par un cartographe s'aidant d'outils de dessin (compas, crayons de couleurs, logiciels de confection de carte etc.), le résultat dépend de son savoir faire et de son sens artistique. Une généralisation diffère alors d'un cartographe à un autre ce qui rend son automatisation difficile car il devient laborieux d'établir des règles strictes, celles qui ont été rassemblées à ce jour sont insuffisantes pour une implémentation dans un système informatique.

Les points faibles de la généralisation automatique peuvent être résumés dans les trois points suivants :

- La généralisation automatique reste encore très difficile à réaliser.
- Les algorithmes actuels sont insuffisants et les résultats produits par les processus ne sont pas assez satisfaisants.
- Le temps de réponse est long.

Il existe une autre méthode de généralisation qui ne souffre pas des problèmes cités ci dessus et dont les principes sont totalement différents c'est la multi représentation.

12.2 La multi représentation

Dans cette méthode, on réalise au préalable toutes les généralisations dont a besoin le système par des cartographes ou par un système automatique ensuite on les stocke dans une base de données. On aura alors emmagasiner dans une même base de données plusieurs représentations pour un même objet à travers lesquelles on pourra simplement naviguer (afficher les unes après les autres par ordre d'échelle).

Les grands problèmes de la multi représentation résident dans le fait qu'elle engendre :

- Des bases de données trop volumineuses
- Des risques d'incohérence dus à la présence de plusieurs représentations pour un objet.
- Une difficulté de mise à jour.

12.3 La méthode combinée

Il existe trop peu de travaux sur la généralisation combinée contrairement aux deux méthodes précédentes mais les problèmes engendrés par ces deux dernières utilisées séparément poussent vers le développement de cette nouvelle méthode qui conjugue la rapidité de réponse qu'offre la multi représentation et l'économie d'espace mémoire qu'offre la généralisation automatique, deux manières de procéder ont été proposées dans cette voie.

12.3.1 La dérivation à partir de base de données multi échelles

Cette méthode consiste à créer une base de données comportant un certain nombre d'échelles pivots qui seront utilisées pour généraliser les autres échelles automatiquement à la demande de l'utilisateur c'est-à-dire que lorsqu'un utilisateur demande une échelle 1 :15 000 par exemple et qu'elle n'existe pas parmi les échelles stockées, elle sera généralisée à partir de l'échelle 1 :10 000 existant.

12.3.2 Les objets auto généralisants (SGO)

Les SGO (Self-Generalizing Object) sont le résultat de l'intégration des patrons géométriques et des algorithmes de généralisation, ils sont associés aux objets géographiques et sont capables de s'auto généraliser en utilisant à la fois des patrons géométriques, des algorithmes de généralisation et des contraintes d'intégrité spatiales, ils sont basés sur la technologie multi agents. C'est une approche dont les premiers résultats sont déjà très prometteurs.

13. Conclusion

Aujourd'hui même, beaucoup de domaines tels que la recherche et le développement de nouveaux marchés, l'étude d'impact d'une construction, l'organisation du territoire, la gestion de réseaux, le suivi en temps réel de véhicules, la protection civile... sont directement concernés par la puissance qu'offre ces bases de données aux traitements liées à la l'information géographique.

La généralisation cartographie prend principalement en compte l'aspect visuel des données, elle est appliquée lorsqu'on veut passer d'une grande échelle de la carte vers une échelle plus petite. Lors de ce passage l'espace où se trouvent les données est réduit, la carte devient encombrée, illisible et des conflits entre les objets peuvent se produire : superposition, imperceptibilité, empâtement, etc.

Cette généralisation tend à corriger ces défauts quitte à fausser la réalité tel qu'agrandir un objet pour le rendre visible mais sa taille n'est plus celle qu'il a dans la réalité, ou réduire le nombre de virages d'une route pour la rendre moins empâtée, l'objet perd de sa précision mais dans la cartographie l'aspect est prioritaire.

Le chapitre suivant porte sur notre plateforme de la généralisation PÉGASE (Plateforme pour l'Etude de la Généralisation Axée Spatial, *Extensible*).

Chapitre 3

La plateforme de généralisation

Ce chapitre vise à présenter la plateforme cartographique PÉGASE (Plateforme pour l'Etude de la Généralisation Axée Spatial, *Extensible*) que nous allons enrichir avec l'implémentation de nouveaux algorithmes.

1. Introduction

Dans le présent chapitre nous allons présenter la plateforme de généralisation qui a permis les premiers tests de la méthode de généralisation et des outils utilisés pour sa réalisation. Nous commençons par la définition de la plateforme puis nous présentons les outils de généralisation qu'elle contient et les algorithmes qui vont être inclus et on termine par une conclusion du chapitre.

2. Définition d'une plateforme

Une plate-forme (pluriel *plates-formes*) est au sens large un lieu surélevé et plan, sur lequel on peut positionner, orienter, entreposer différentes choses.

Une plate-forme est en *informatique* une base de travail à partir de laquelle on peut écrire, lire, utiliser, développer un ensemble de logiciels.

L'Office québécois de la langue française l'écrit en un seul mot : « plateforme ».

3. La plateforme de généralisation

Une *plateforme de généralisation automatique* est un outil logiciel contenant un ensemble d'algorithmes de généralisation et de mesures géométriques permettant de faire avancer la recherche sur la généralisation et de trouver des traitements automatiques pour l'améliorer et pour cela elle doit être modifiable et extensible.

Une plateforme de généralisation automatique est un système qui permet d'intégrer et d'utiliser un ensemble d'algorithmes de généralisation [Ham, 08].

4. La plateforme PÉGASE

La plateforme PÉGASE est une plateforme réalisée dans un projet de magister à l'ESI [Ham, 08]. La plateforme a été conçue pour offrir un environnement complet pour manipuler, généraliser et sauvegarder les cartes. La figure suivante montre une capture écran de la plateforme PÉGASE.

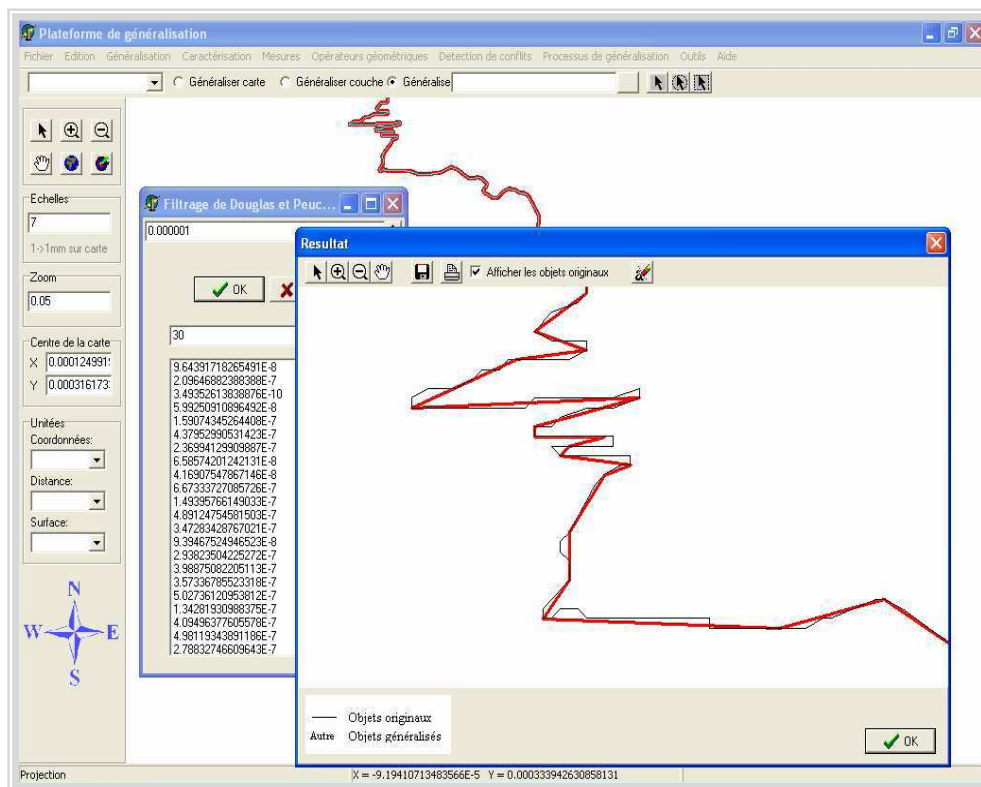


Figure 3-1 Capture écran de la plateforme PÉGASE.

Les outils qu'elle offre sont sous la forme d'algorithmes de généralisation, de mesures cartographiques et d'opérateurs géométriques. Le tableau suivant résume l'ensemble des outils disponibles dans La plateforme PÉGASE :

Opérateur	Algorithme	Conçu par	Implémenté et amélioré par
Douglas et Poicker	Filtrage	Douglas et Poicker	Hamini N.
Faille max	Déformation	Mustière	Saouli H.K.
Les B-Splines	Lissage	Bézier	-
Les courbes de bézier	Lissage	Bézier	-
Le lissage Gaussien	Lissage	Gauss	Saouli H.K.
Déplacement	Translation	-	Hamini N.
L'amélioration de la géométrie	Amélioration de la géométrie	-	Hamini N.
Réduction de sommets	Filtrage	-	Hamini N.
Jenks	Filtrage	Jenks	Ben tairache S. Hamama S.
Mustiere	Mesure d'empatement	Mustiere	Ben tairache S. Hamama S.
La Baudruche	Déformation	Lecordix, Plazanet et Lagrange	Ben tairache S. Hamama S.

Tableau 3-1 Outils de généralisation développée sur La Plateforme PÉGASE.

5. Buts de la réalisation de la plateforme PÉGASE

- ♦ Améliorer les algorithmes existants.
- ♦ Choisir le meilleur algorithme parmi ceux effectuant le même traitement.
- ♦ Trouver le meilleur paramétrage pour un algorithme.
- ♦ Permettre l'implémentation de nouveaux algorithmes.
- ♦ Améliorer les mesures existantes.

- ♦ Choisir les mesures les plus pertinentes.
- ♦ Permettre l'ajout de nouvelles mesures.
- ♦ Améliorer les processus de généralisation automatique existants.
- ♦ Faciliter l'implémentation de nouveaux processus.

6. Outils de construction

La plateforme a été réalisée avec l'environnement de programmation *Delphi* et afin de faciliter les manipulations géométriques nous avons utilisé la bibliothèque cartographique *MapX*, et pour créer les échantillons de données (routes, virages et bâtiments) nous avons utilisé le logiciel MapInfo 7.

6.1 Delphi

Delphi est un environnement de développement de type RAD (*Rapid Application Development*) basé sur le langage Pascal. Il permet de réaliser rapidement et simplement des applications Windows. Cette rapidité et cette simplicité de développement sont dues à une conception visuelle de l'application. Delphi propose un ensemble très complet de *composants visuels* prêts à l'emploi incluant la quasi-totalité des composants Windows (boutons, boîtes de dialogue, menus, barres d'outils...) ainsi que des experts permettant de créer facilement divers types d'applications et de librairies [BOH ,10].

Delphi est aussi un environnement de programmation orienté objet. Il permet de créer de puissantes applications pour Microsoft Windows.

6.2 MapX

MapX est l'ActiveX cartographique des développeurs d'applications (MapInfo), il constitue la solution idéale pour enrichir les applications Windows de fonctionnalités cartographiques, ou créer des applications Client/Serveur largement distribuées, intégrant des fonctionnalités cartographiques. MapX vient enrichir tous les langages standards de développement de fonctionnalités cartographiques. Il permet l'intégration rapide de fonctions

cartographiques dans les applications client devant être largement diffusées. Etant un ActiveX, Il s'intègre facilement dans tout type d'applications existantes ou nouvelles, l'enrichissant de puissantes fonctions de représentation cartographique ou de fonctions d'analyse géodécisionnelle. Venant enrichir en fonctions cartographiques les langages de développement déjà maîtrisés par les développeurs [Cia, 04].

6.3 MapInfo

MapInfo Professional est un outil de type Système d'Information Géographique qui sert à créer de l'information géographique, à traiter et manipuler cette information et à la cartographier de différentes manières.

MapInfo est un logiciel qui est conçu pour fonctionner dans un environnement Windows. Il respecte donc les guides de style Windows ainsi que les règles d'ergonomie des environnements Windows. Les utilisateurs de logiciels Microsoft seront à l'aise dans les fonctionnalités de base et retrouveront les préceptes de souplesse qui permettent d'accéder à une fonctionnalité du logiciel en mode débutant , par menu déroulant, habitué par bouton ou expert par raccourci clavier. Il aide à mettre en relation les données (internes et/ou externes) avec la dimension géographique pour les analyser plus rapidement et enfin prendre les meilleures décisions. Il rend possible le travail sur différentes couches, la gestion des attributs et la visualisation graphique. En plus il permet d'ouvrir des images raster ou des fichiers géométriques (vecteurs). Le Traducteur Universel transforme les fichiers dans différents formats pour importer ou exporter les données [Pas ,05].

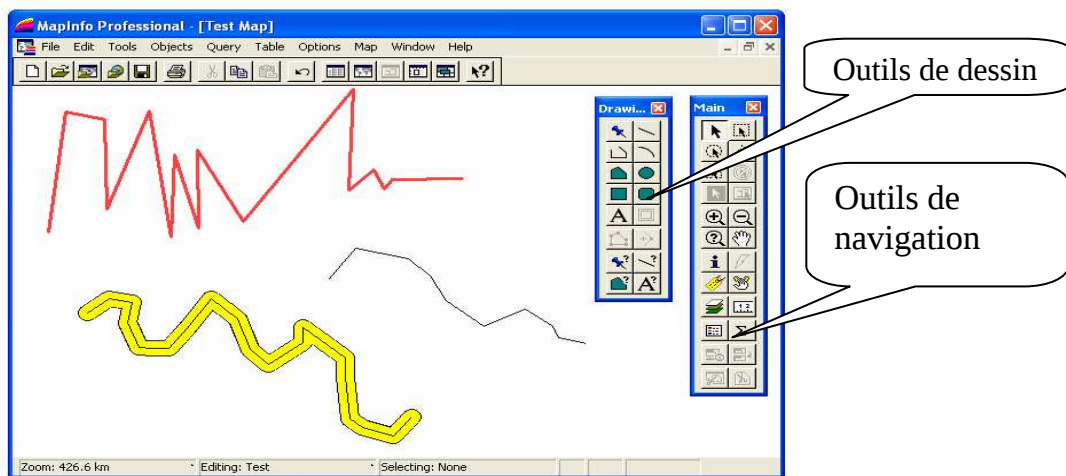


Figure 3-2 Capture écran de MapInfo 7.

7. Algorithmes existants

Actuellement la plateforme PÉGASE contient les algorithmes suivants :

Algorithme	Opération	Type d'objet
Douglas et Peucker	Filtrage	Route entière ou partie de route
Faillle max	Déformation	Un virage
Les B-Splines	Lissage	Route entière ou partie de route
Les courbes de bézier	Lissage	Route entière ou partie de route
L'amélioration de la géométrie	Amélioration de la géométrie	Route entière
Le lissage Gaussien	Lissage	Route entière
Déplacement	Translation	Un bâtiment
Squelettisation	Squelettisation	Un bâtiment
L'amélioration de la géométrie	Amélioration de la géométrie	Une surface
Réduction de sommets	Filtrage	Route entière ou partie de route

Tableau 3-2 Les algorithmes implantés dans PÉGASE.

8. Manques

Pour un même opérateur de généralisation il peut exister plusieurs algorithmes qui diffèrent d'une classe d'objets à une autre, les classes les plus étudiées dans la plateforme PÉGASE sont les routes (filtrage, lissage des routes, caricature, déformation, ...) et les bâtiments (simplification des contours, Squelettisation, ...), mais elle reste dans le besoin d'autres algorithmes, et de mesures géométriques permettant de faire avancer la recherche sur la généralisation. Les tableaux suivants montrent quelques algorithmes et mesures qui sont en projet :

Algorithme	Opération	Type d'objet
Lang	Filtrage	Route entière ou partie de route
Faille min	Déformation	Un virage
Squelettisation	Squelettisation	Route entière
Couverture	Couverture	Ensemble de bras de rivière
Simplification de contours	Filtrage	Un bâtiment
Squelettisation	Squelettisation	Ensemble de bâtiments
Couverture	Couverture	Ensemble de bâtiments
Dilation	Dilation	Un bâtiment
Typification	Typification	Ensemble de bâtiments
Agrégation	Agrégation	Ensemble de bâtiments
Équilibrage	Équilibrage	Ensemble de bâtiments
Élimination de bâtiments dans un îlot	Simplification	Un bâtiment

Tableau 3-3 Les algorithmes de généralisation [Ham, 08].

Chapitre 3 : La plateforme de généralisation

Mesure	Objet
Orientation	Bâtiments
Détection de l'imperceptibilité	Bâtiments
Détection de l'adjacence	Deux bâtiments
Épaisseur	Route

Tableau 3-4 Les mesures cartographiques [Ham, 08].

9. Conclusion

Il existe plusieurs algorithmes de généralisation permettent généralement de réaliser une seule opération de généralisation. Ces algorithmes sont différenciés d'une classe d'objets à une autre. La plateforme PÉGASE s'intéresse particulièrement aux routes et bâtiments. Cette plateforme permet de visualiser les données géographiques avec une symbolisation dépendante de l'échelle, elle a été conçue pour offrir un environnement complet pour manipuler, généraliser et sauvegarder les cartes. Elle a été développée de façon à pouvoir facilement intégrer des nouvelles procédures dont les principaux buts sont d'améliorer la généralisation et de simplifier les projets créés sur le domaine. Pour cela elle offre un certain nombre d'outils, cependant il existe d'autres outils très intéressants qui ne sont pas encore inclus dans la plateforme mais qui mériteraient de l'être, parmi cela nous citons les algorithmes suivants: Lang, l'accordéon, Faille min, etc. dans le domaine du linéaire et des algorithmes de l'élimination de bâtiments dans un îlot, équarrissage, etc. dans le domaine du bâti.

Chapitre 4

Les algorithmes choisis

Dans ce chapitre nous décrivons les différents algorithmes de généralisation que nous avons choisis : Jenks, Mustiere et La Baudruche pour enrichir la plateforme PÉGASE.

1.Introduction

Dans ce chapitre nous évoquons les propriétés et les types des objets linéaires, puis nous présenterons les algorithmes que nous avons implémentés pour enrichir la plateforme de généralisation PÉGASE.

Donc ce chapitre concerne plus spécifiquement les algorithmes de Jenks, de Mustiere et de La Baudruche et une étude comparative avec d'autres algorithmes est menée.

2.Propriétés des objets linéaires

2.1 Propriétés géométriques

Les propriétés géométriques sont évidemment à la base de la réalité terrain (naturelle ou issue d'une construction). Une des fonctions essentielles de la cartographie est de reproduire et transmettre au mieux les informations liées aux propriétés géométriques. Lors d'un processus de production automatique, il est clair qu'il est nécessaire de connaître de façon numérique ces géométries liées aux propriétés des objets [Pla, 96].

Les objets linéaires géographiques sont regroupés en thèmes. Chaque thème correspond à un centre d'intérêt particulier : réseau routier, découpage administratif, hydrographie..., etc. ces derniers sont représentés avec des polygones.

Une polygône est une suite de n points qui sont définis par leurs coordonnées (X, Y) dans le plan euclidien, ces points sont reliés avec $n-1$ segments de droite.

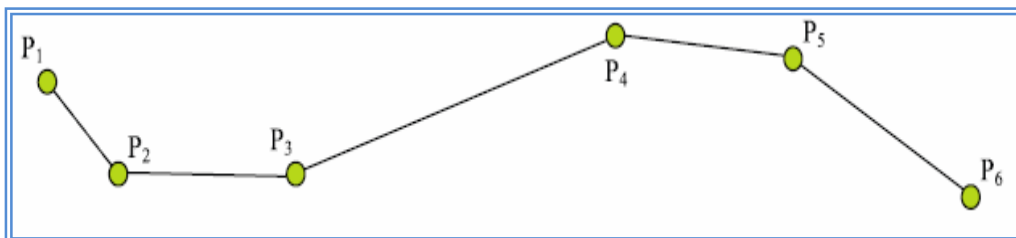


Figure 4-1 Une polygône de cinq segments et six points.

2.2 Propriétés graphiques

Les courbes géométriques ne suffisent pas pour véhiculer l'information. Comment différencier une rivière d'un chemin de fer, une route principale d'une route secondaire, il faut donc ajouter à la polyligne un symbole et une couleur c'est le rôle des propriétés graphiques.

Les polygones sont caractérisées par les propriétés suivantes :

Style : permet de spécifier le style de la ligne : rue, taire Martiale,...

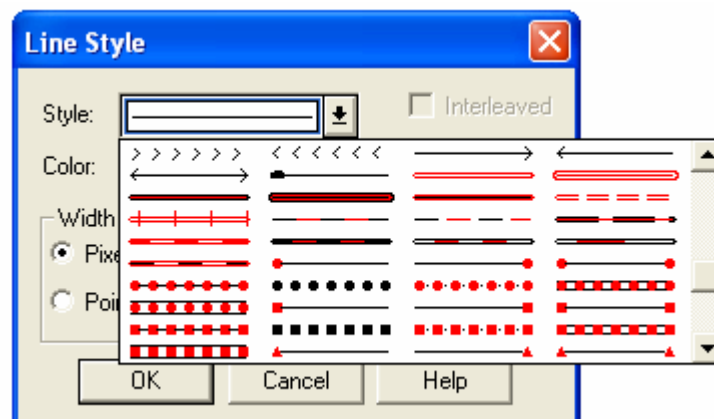


Figure 4-2 Le style de la ligne.

Couleur : spécifie la couleur de la ligne.

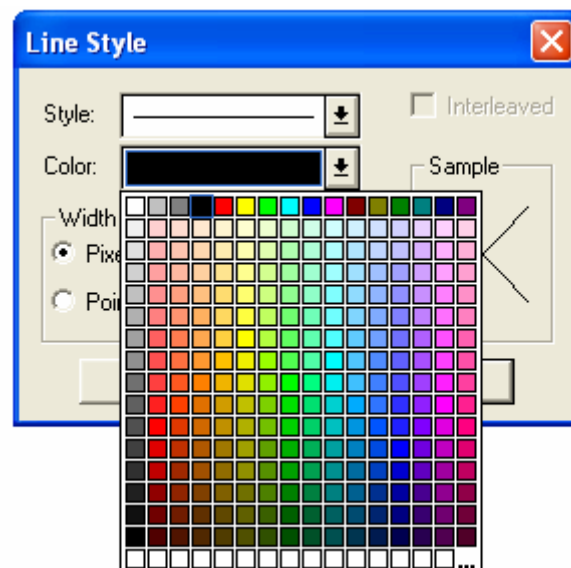


Figure 4-3 La couleur de la ligne.

Épaisseur : donne la consistance de la ligne.

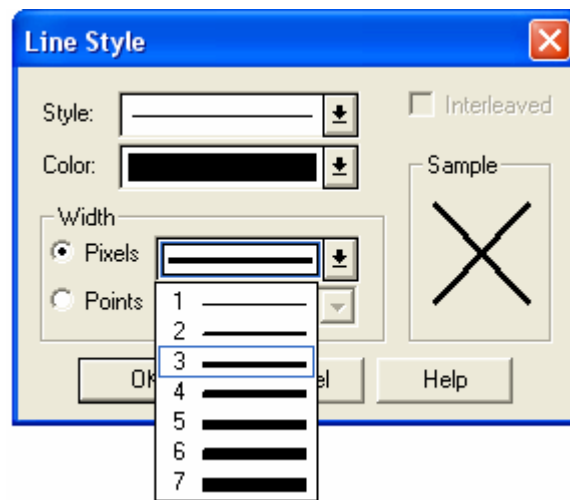


Figure 4-4 L'épaisseur de la ligne.

2.3 Propriétés sémantiques

Les objets sémantiques sont caractérisés par des attributs (largeur d'un tronçon de route, nom d'une commune, navigabilité d'un tronçon de cours d'eau...), ils sont regroupés en classes d'objets, qui sont des familles d'objets possédant les mêmes attributs. Les classes forment une partition de l'ensemble des objets contenus dans la base de données (un objet appartient à une classe et une seule) [Ges, 05].

Ils définissent la nature des objets de la légende. Ils sont d'une importance capitale car ils conditionnent le degré d'exactitude du SIG ou de la carte.

3. Type d'objets linéaires

3.1 Les routes

Les routes sont construites selon des contraintes géométriques fixées (rayon de courbure fixe pour les virages, souvent composées de droites, d'arcs de cercle,...). Elles peuvent être divisées selon leurs zones de localisations en routes de zones urbaines, routes de zones rurales et routes de zones montagneuses [Sao, 09].



Figure 4-5 Les types de routes [Duc, 04].

- **Les routes de zones montagneuses**

La géométrie de ces routes est généralement plus complexe parce que les contraintes de construction sont de nature différente. Elle comporte très souvent des portions très sinueuses ou avec des accidents [Sao, 09].

- **Les routes de zones rurales**

Se sont des routes plus simples (pas trop de sinuosités) que les routes montagneuses [Sao, 09].

- **Les routes de zones urbaines**

À l'inverse des routes rurales, les routes des zones urbaines sont systématiques et compliquées, elles se composent de plusieurs corporations : des ronds points, des culs de sac, etc. La figure suivante montre les différents traçants routiers urbains [Sao, 09].

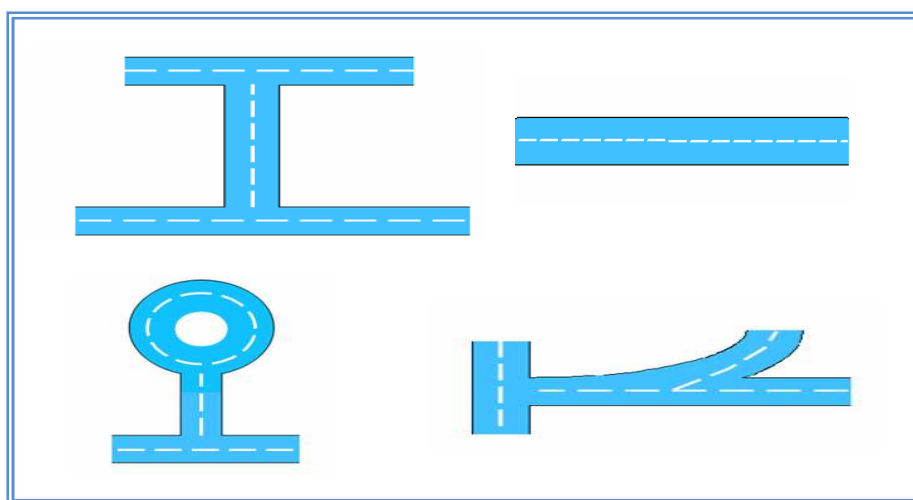


Figure 4-6 Exemples de corporations de routes urbaines.

3. Les algorithmes de généralisation du routier

Nous avons vu dans le chapitre trois les différents algorithmes de généralisation qui sont implantés dans la plateforme de généralisation PÉGASE. Afin de l'enrichir dans le cadre des objets cartographiques linéaires et plus particulièrement celle des routes, nous avons choisi les algorithmes de Jenks, de Mustiere et de La Baudruche.

4.1 L'algorithme de Jenks 1989

4.1.1 Présentation de l'algorithme

L'algorithme de JENKS est un algorithme de filtrage qui était publié en 1989 a pour but d'éliminer le bruit dans une ligne. Son fonctionnement est apparemment simple : supprimer successivement des points appartenant à la forme originale. Pour ce faire, on fait plusieurs itérations. A chaque itération, on calcule les distances entre chaque point et ses deux voisins et l'angle entre les segments.

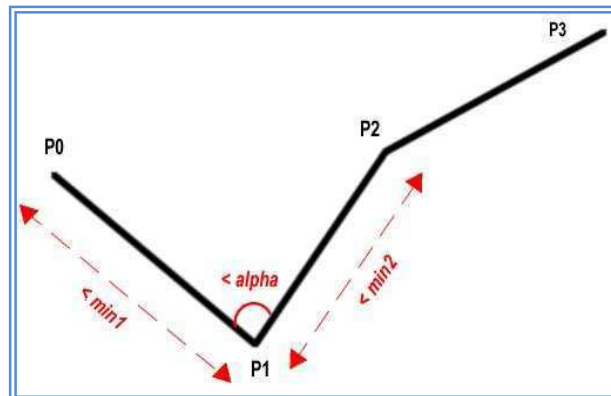


Figure 4-7 Description de l'algorithme de JENKS [Man, 06].

4.1.2 Les étapes de l'algorithme

Soit la ligne L et les trois paramètres de simplification qu'on notera $min1$, $min2$ et $alpha$, les étapes de Jenks sont les suivantes :

Chapitre 4: Les algorithmes choisis

- 1) Parcourir successivement l'ensemble des points constituant la forme linéaire, excepté les deux points d'extrémités.

Pour chaque point **p1**, l'algorithme considère ses deux voisins directs **p0** et **p2**.

- 2) Calculer les distances entre le point courant et ses voisins (le point précédent et le point suivant). Ces distances sont obtenues par la formule suivante :

$$d(p1, p2) = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

Où x_1, y_1 : Les coordonnées du point **p1**.

x_2, y_2 : Les coordonnées du point **p2**.

- Si la distance entre **p0** et **p1** est inférieure au seuil minimal **min1** ($d(p0, p1) < \text{min1}$) ou que la distance entre **p1** et **p2** est inférieure au seuil **min2** ($d(p1, p2) < \text{min2}$), alors l'algorithme considère **p1** comme un point non significatif et le supprime.

- 3) Si les deux distances sont plus grandes que les seuils minimaux, l'algorithme vérifie également l'angle entre les segments [**p0, p1**] et [**p1, p2**]. Pour calculer cette angle on utilise la loi des cosinus d'AL-KASHI suivante :

$$\cos P_0 P_1 P_2 = [-d(P_0, P_2)^2 + d(P_1, P_2)^2 + d(P_0, P_1)^2] / [2 * d(P_1, P_2) * d(P_0, P_1)].$$

- Si cet angle est inférieur au paramètre **alpha** ($\text{angle} < \text{alpha}$), alors le point **p1** est lui aussi rejeté.

4.1.3 Pseudo code de l'algorithme

Fonction Jenks (r: polyligne; min1, min2, alpha:réel):polyligne ;

Variables

résultat : polyligne; T:tableau de points;
nbr_point, i, j : entier;
x0,x1,x2,y1,y2,y0,AB,AC,BC, cosi, angle:réel;

Constants pi= 3.141592654;

Début

nbr_point :=nombre de points(r);

Si (alpha >=0) et (alpha<=pi) **alors**

résultat.ajouter_points (r(1).x, r(1).y) ;

j ← 1;

Pour i dans {2.. nbr_point -1}

x0 ← r(j).x ;

y0 ← r(j).y ;

x1 ← r(i).x ;

y1 ← r(i).y ;

x2 ← r(i+1).x ;

y2 ← r(i+1).y ;

{Calcul des distances}

AB ← racine_de (carré_de(x0-x1)+ carré_de (y0-y1));

AC ← racine_de (carré_de (x2-x1)+ carré_de (y2-y1));

BC ← racine_de (carré_de (x2-x0)+ carré_de (y2-y0));

{Calcul d'angle}

cosi ← (carré_de (AB)+ carré_de (AC)- carré_de (BC))/(2*AB*AC);

angle ← ArcCos(cos);

{Test de Jenks}

Si ((AB>=min1) et ((AC>=min2) et (angle>=alpha))) **alors**

résultat.ajouter_points(r(i).x, r(i).y) ;

j ← i;

Fin si ;

Fin pour ;

```
résultat.ajouter_points(r(nbr_point).x, r(nbr_point).y) ;
```

```
Fin si ;
```

```
Jenks ← résultat;
```

```
Fin-fonction ;
```

4.2 L'algorithme de Mustiere 1998

4.2.1 Présentation de l'algorithme

La notion d'empâtement est liée à la fois à des notions de lisibilité et d'esthétisme, elle désigne les zones où le symbole d'une route se superpose "trop" à lui même (Figure 4-8). L'algorithme de Mustiere 98 détecte les empâtements perçus au sein d'une ligne symbolisée quelconque. Il construit tout d'abord explicitement les bords du symbole de la ligne puis recherche les points de la ligne selon Mustiere où l'écart bord axe dépasse le seuil de 1,7 fois la demi largeur du symbole [Mus, 01].

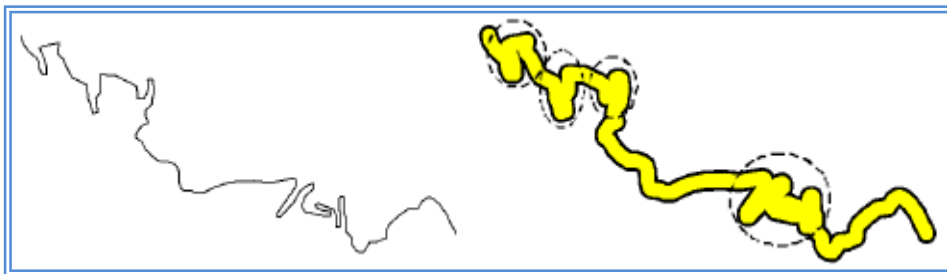


Figure 4-8 Empâtement d'une ligne symbolisée [Mus, 01].

4.2.2 Les étapes de l'algorithme

Considérons une ligne orientée L constituée d'un ensemble de segments $\{S_i\}$ et symbolisée avec un symbole de largeur L_g .

1. Détermination de la **dilatation** D de la ligne L :

♦ ***Dilatation d'une ligne*** [Mus, 01]

La dilatation d'une ligne selon Mustiere est un algorithme qui est utilisé par d'autres algorithmes, il consiste à élargir une ligne, il a pour but de déterminer la dilatation d'une ligne représentée en mode vecteur sous la forme d'une suite de segments. La dilatation est l'opérateur de base en morphologie mathématique. Un cas particulier d'utilisation est la détermination en vecteur des bords du symbole d'une ligne. Il s'applique à n'importe quelle ligne.

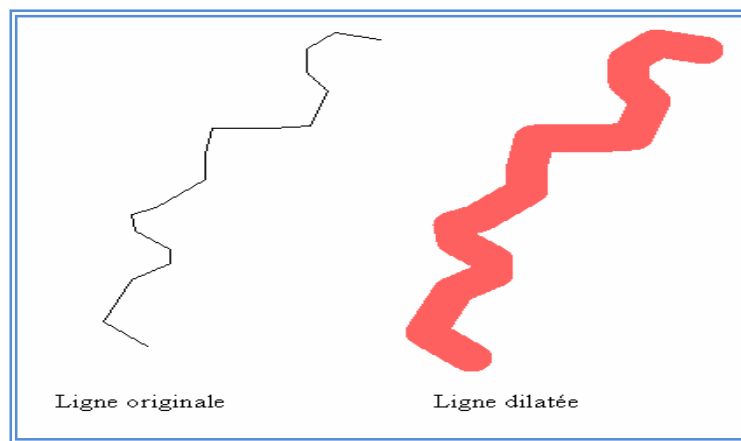


Figure 4- 9 Dilatation d'une ligne.

Une ligne dilatée en réalité est composée d'un axe et de deux bords.

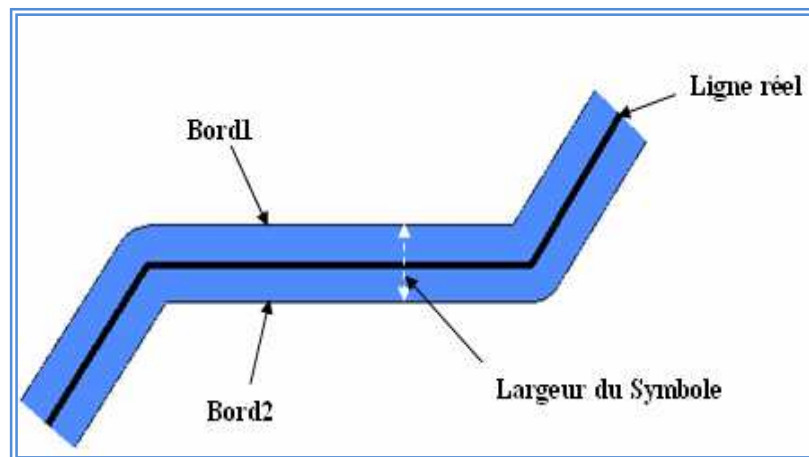


Figure 4- 10 Partie d'une ligne dilatée.

On appelle la largeur du symbole d'une ligne l'épaisseur de cette ligne.

La largeur séparant l'axe principal et un des bords est égale à la demi-largeur du symbole.

La dilatation est décrite comme suit :

On attribue à un segment donné S_i de L , une ligne décalée D_i . Celle-ci est constituée d'un segment de droite.

Dans notre cas nous ferons la dilatation des deux côtés, on doit travailler segment par segment et on donne un sens de parcours (le sens de dilatation).

♦ *Description mathématique* [Dup, 10]

Soit le segment S_i ayant pour extrémités les points P_i et P_{i+1} , et ls la valeur de translation à effectuer (la demi largeur du symbole de la ligne).

-La dilatation du premier côté :

Le vecteur $\vec{V}_i$ correspondant à S_i a pour composantes $(x_{i+1} - x_i, y_{i+1} - y_i) = (a, b)$.

Un vecteur $\vec{W}_i$ perpendiculaire à $\vec{V}_i$ a pour composantes $(-b, a)$.

Le vecteur $\vec{U}_i$ perpendiculaire à $\vec{V}_i$ a pour composantes $(-b / \|\vec{V}_i\|, a / \|\vec{V}_i\|)$.

Le vecteur de translation pour S_i est donc $\vec{T}_i = (-b * ls / \|\vec{V}_i\|, a * ls / \|\vec{V}_i\|)$.

On peut donc maintenant calculer la position du point correspondant à P_i , soit $Q_i = P_i + \vec{T}_i$ avec les coordonnées suivantes :

$$\begin{cases} X'_i = X_i + (-b * ls / \|\vec{V}_i\|); & \|\vec{V}_i\| = \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2} \\ Y'_i = Y_i + (a * ls / \|\vec{V}_i\|); \end{cases}$$

Et celle correspondante à P_{i+1} , soit $Q_{i+1} = P_{i+1} + \vec{T}_i$

Q_i et Q_{i+1} sont les extrémités des nouveaux segments du premier côté.

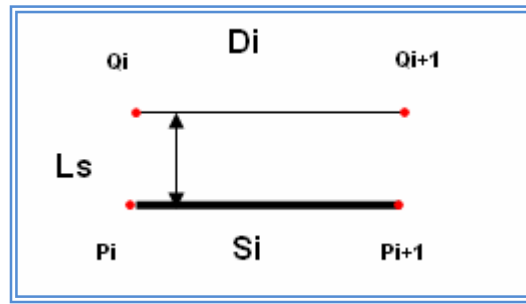


Figure 4-11 Dilatation de côté 1 d'un segment.

-La dilatation de deuxième côté :

La dilatation du deuxième coté est la même que celle de premier côté mais le vecteur de translation est dans le sens opposé :

Le vecteur $\vec{V}'_i$ correspondant à S_i a pour composantes $(x_i - x_{i+1}, y_i - y_{i+1}) = (-a, -b)$.

Un vecteur $\vec{W}'_i$ perpendiculaire à $\vec{V}'_i$ a pour composantes $(b, -a)$.

Le vecteur $\vec{U}'_i$ perpendiculaire à $\vec{V}'_i$ a pour composantes $(b / \|\vec{V}'_i\|, -a / \|\vec{V}'_i\|)$.

Le vecteur de translation pour S_i est donc $\vec{T}'_i = (b * ls / \|\vec{V}'_i\|, -a * ls / \|\vec{V}'_i\|)$.

Donc la position du point correspondant à P_i , est : $Q'_i = P_i + \vec{T}_i$, avec les coordonnées suivantes :

$$\begin{cases} X''_i = X_i + (b * l_s / \|\vec{V}_i\|) ; \|\vec{V}_i\| = \sqrt{(x_i - x_{i+1})^2 + (y_i - y_{i+1})^2} \\ Y''_i = Y_i + (-a * l_s / \|\vec{V}_i\|) ; \end{cases}$$

Et celle correspondante à P_{i+1} , soit $Q'_{i+1} = P_{i+1} + \vec{T}_i$

Q'_i et Q'_{i+1} sont les extrémités des nouveaux segments du deuxième côté.

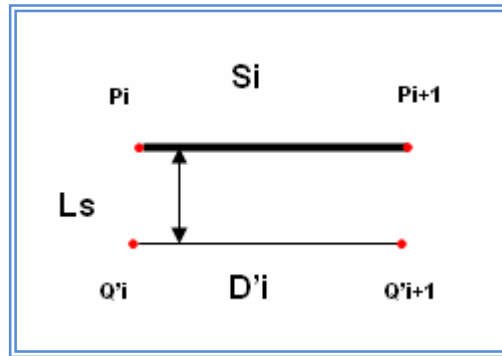


Figure 4-12 Dilatation de côté 2 d'un segment.

1.2 L'étape **1.1** est effectuée sur chaque segment indépendamment les uns des autres. Nous obtenons ainsi un ensemble de lignes $\{D_i\}$ (ordonnées dans le sens de parcours de L).

1.3 Les intersections $\{P_k\}$ entre toutes les lignes décalées D_i sont calculées (les P_k sont ordonnés dans le sens de parcours de L).

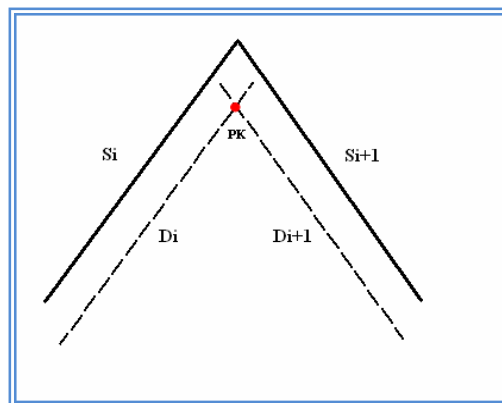


Figure 4-13 Intersection entre deux segments dilatés.

2. Comparaison entre **L** et **D** pour déterminer les empâtements :

2.1 Chaque intersection **P_k** obtenue pendant la dilatation (étape 1) sépare deux parties de **D** (**D'm** et **D'n**), issues respectivement de deux segments **S_p** et **S_q** de **L**.

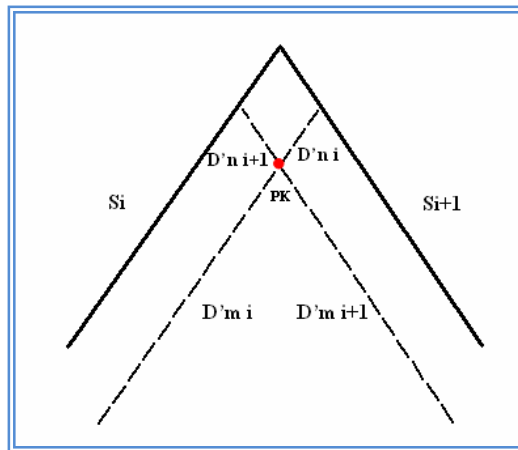


Figure 4-14 Résultat de la dilatation

2.2 Calcul des distances maximales **dk** entre chaque point d'intersection et la ligne **L** par la formule suivante :

$$dK = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2}$$

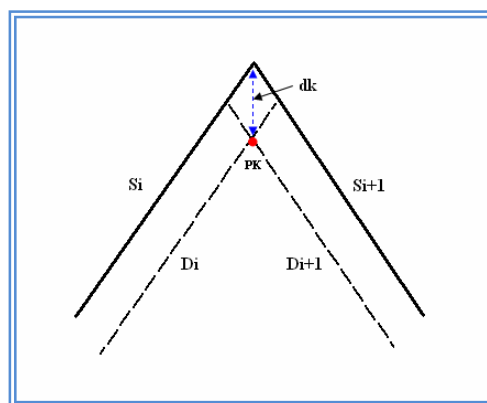


Figure 4-15 La distance maximale.

2.3 Si **dk** est supérieure ou égale à **1,7*ls**, alors on détecte le conflit d'empâtement dans ce point d'intersection **P_k**.

4.2.3 Pseudo code de l'algorithme

Procédure Mustiere(Entrée g:polyligne; Sortie s1,s2:entier;empattement:tableau de point);

Variables

d,v,dk1,dk2, cix1, ciy1, cix2, ciy2, u1, u2:réel;

nbr_point, i, j, k, a, b, h: entier;

C,CB1,CB2 :tableau de points;

segment B2, segment B1 :tableau de segment ;

Debut

nbr_point := nombre de points(g);

$d \leftarrow 1/2 * (\text{largeur}(g))$;

{ Les compteurs d'empatement côté 1 et côté 2 }

$s1 \leftarrow 0$;

$s2 \leftarrow 0$;

$j \leftarrow 1$;

Pour i dans {1.. nbr_point }

{ Les coordonnées du vecteur V }

$a \leftarrow C[i+1].x - g[i].x$;

$b \leftarrow C[i+1].y - g[i].y$;

{ calcul du vecteur V }

$v \leftarrow \text{racine-de}(\text{carré_de}(a) + \text{carré_de}(b))$;

{ Les coordonnées des points du bord1 }

$CB1[j].x \leftarrow g[i].x + (-b*d/v)$;

$CB1[j].y \leftarrow g[i].y + (a*d/v)$;

{ Les coordonnées des points du bord2 }

$CB2[j].x \leftarrow g[i].x - (-b*d/v)$;

$CB2[j].y \leftarrow g[i].y - (a*d/v)$;

$j \leftarrow j+1$;

Fin pour;

$k \leftarrow ((\text{nbr_point}-2)*2)+2$;

$i \leftarrow 4$;

$j \leftarrow 1;$

Répéter

$h \leftarrow i \text{ div } 2;$

{Calcul du point d'intersection coté1}

Si (segment $B1[j] \cap \text{segment } B1[j+1]$) **alors**

$cix1 \leftarrow CB1[i-3].x + u1 * (CB1[i-2].x - CB1[i-3].x);$

$ciy1 \leftarrow CB1[i-3].y + u1 * (CB1[i-2].y - CB1[i-3].y);$

{Calcul de distance}

$dk1 \leftarrow \text{racine-de}(\text{carré_de}(cix1 - g[h].cx) + \text{carré_de}(ciy1 - g[h].cy));$

Si ($dk1 \geq 1/2 * d * 1.7$) **alors**

$s1 \leftarrow s1 + 1;$

$\text{empattement}[i].x \leftarrow (cix1);$

$\text{empattement}[i].y \leftarrow (ciy1);$

Fin si;

Fin si;

{Calcule du point d'intersection coté 2}

Si (segment $B2[j] \cap \text{segment } B2[j+1]$) **alors**

$cix2 \leftarrow CB2[i-3].x + u2 * (CB2[i-2].x - CB2[i-3].x);$

$ciy2 \leftarrow CB2[i-3].y + u2 * (CB2[i-2].y - CB2[i-3].y);$

{Calcul de distance}

$dk2 \leftarrow \text{racine-de}(\text{carré_de}(cix2 - g[h].x) + \text{carré_de}(ciy2 - g[h].y));$

Si ($dk2 \geq 1/2 * d * 1.7$) **alors**

$s2 \leftarrow s2 + 1;$

$\text{empattement}[i].x \leftarrow (cix2);$

$\text{empattement}[i].y \leftarrow (ciy2);$

Fin si;

Fin si ;

$j \leftarrow j + 1;$

$i \leftarrow i + 2;$

Jusqu'a $i > k;$

Fin Procedure;

4.3 L'algorithme de La Baudruche 1997

4.3.1 Présentation de l'algorithme

L'algorithme de la Baudruche est un algorithme de caricature conçu par les trois chercheurs de COGIT Lecordix, Plazanet et Lagrange pour traiter les empâtements aux sommets. Il consiste à élargir les virages au niveau du sommet, c'est à dire à les gonfler pour éviter l'empâtement du symbole au sommet. L'opération d'élargissement des virages est nécessaire localement lorsque le symbole provoque un fort conflit interne d'une portion de ligne (zone d'empâtement), notamment dans une série de virages routiers en épingle à cheveux. Ce traitement consiste à augmenter la largeur des virages pour que les contraintes de lisibilité soient respectées.

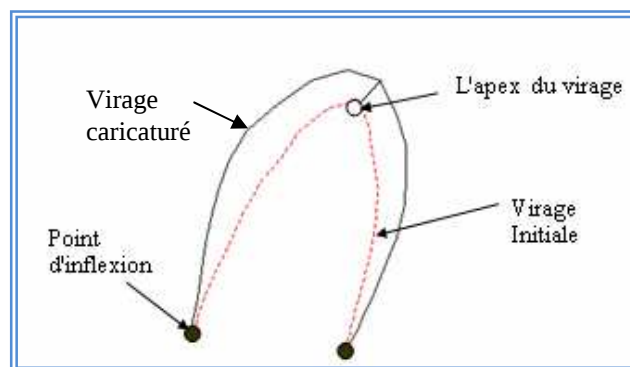


Figure 4-16 Principe de La Baudruche.

4.3.2 Les étapes de l'algorithme

Le principe de cet algorithme consiste à déplacer les points intermédiaires dans la direction de la perpendiculaire à la courbe au point considéré d'une valeur proportionnelle à la longueur curviligne interceptée entre le point d'inflexion et l'apex de la courbure [Lec, Pla, Lag, 97].

1. Extraire l'apex de la courbe.
2. Pour chaque point de la courbe excepté les deux points d'extrémités on applique les étapes suivantes :
 - 2.1 Déterminer le vecteur perpendiculaire à la courbe sur le point courant P_i .

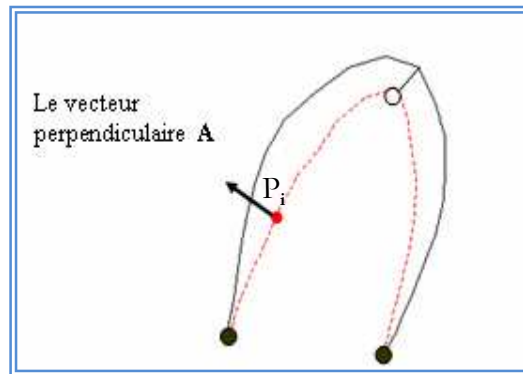


Figure 4-17 Vecteur perpendiculaire.

Soit le vecteur $\vec{A}_i$ entre P_i et P_{i+1} a pour composantes **(a, b)**.

Le vecteur $\vec{B}_i$ perpendiculaire à $\vec{A}_i$ a pour composantes $(-b/\|\vec{A}_i\|, a/\|\vec{A}_i\|)$.

2.2 Calculer la longueur curviligne S_v entre le point d'inflexion et l'apex
ont utilisons la formule suivante [Geo, 10] :

$$S_v = \sum_{1 \leq k \leq m} \sqrt{(x_k - x_{k-1})^2 + (y_k - y_{k-1})^2}$$

Où x_k, y_k : Les coordonnées du point P_k .

m : L'indice de l'apex.

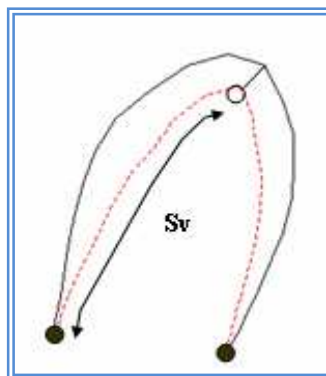


Figure 4-18 La longueur curviligne S_v .

2.3 Calculer la longueur curviligne S entre le point courant P_i et le point d'inflexion le plus proche en utilisant la formule suivante :

$$S = \sum_{1 \leq k \leq n} \sqrt{(x_k - x_{k-1})^2 + (y_k - y_{k-1})^2}$$

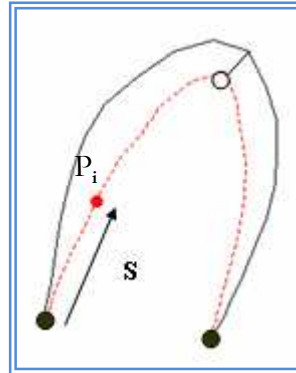


Figure 4-19 La longueur curviligne S.

3. Calculer les nouvelles coordonnées des points intermédiaires interceptés entre les points d'inflexion et l'apex après le déplacement pour cela on utilise l'expression mathématique suivante :

$$\begin{cases} X_c = X_i + \text{Inflation} * \text{Sens} * U * S/S_v \\ Y_c = Y_i + \text{Inflation} * \text{Sens} * V * S/S_v \end{cases}$$

Où

X_c, Y_c les coordonnées des points de la ligne caricaturée.

X_i, Y_i les coordonnées des points de la ligne initiale.

Inflation : Facteur d'inflation de la courbe.

Sens : +1 ou -1 selon le signe de la courbure.

U, V : les composants du vecteur perpendiculaire $\vec{A}$.

4.3.3 Pseudo code de l'algorithme

Fonction Baudruche (f: virage ; inf:réel) virage;

Variables

i, j, nbr_point, k :entier;
Sv1, Sv2, S, x0, x1, y0, y1,a, b, u1,u2,v, xc, yc: réel;
C:tableau de points;
résultat : virage;

Debut

Pour i dans {1.. nbr_point }

$C(i).x \leftarrow f(i).x$;
 $C(i).y \leftarrow f(i).y$;

Fin pour ;

k:= Extraire-seuil(f) ;

{Ajouter Le premier point au résultat}

$C(1).x \leftarrow f(1).x$;
 $C(1).y \leftarrow f(1).y$;
résultat.ajouter-points($C(1).x, C(1).y$) ;

{Calcul de la longueur curviligne Sv1 de côté 1}

$Sv1 \leftarrow 0$;

Pour j dans {1.. k-1 }

$Sv1 \leftarrow Sv1 + \text{racine-de}(\text{carré-de}(C[j+1].x - C[j].x) + \text{carré-de}(C[j+1].y - C[j].y))$;

Fin pour ;

{Calcul de la longueur curviligne Sv2 de côté 2}

$Sv2 \leftarrow 0$;

Pour j dans {k.. nbr_point -1 }

$Sv2 \leftarrow Sv2 + \text{racine-de}(\text{carré-de}(C[j+1].x - C[j].x) + \text{carré-de}(C[j+1].y - C[j].y))$;

Fin pour;

{Gonflement de côté 1}

Pour i dans {1.. k-1 }

$x0 \leftarrow C[i].x$;
 $y0 \leftarrow C[i].y$;
 $x1 \leftarrow C[i+1].x$;
 $y1 \leftarrow C[i+1].y$;

{composants de V}

$a \leftarrow x1 - x0$;
 $b \leftarrow y1 - y0$;
 $v \leftarrow \text{racine-de}(\text{carré-de}(a) + \text{carré-de}(b))$;
 $u1 \leftarrow -b/v$; {Coefficient U}
 $u2 \leftarrow a/v$; {Coefficient V}

{ Calcul de la longueur curviligne S }

$S \leftarrow 0$;

Pour j dans {1.. i+1 }

$S \leftarrow S + \text{racine-de}(\text{carré-de}(C[j+1].x - C[j].x) + \text{carré-de}(C[j+1].y - C[j].y))$;

Fin pour;

$xc \leftarrow x1 + \text{inf} * (+u1) * S / Sv1$;

$yc \leftarrow y1 + \text{inf} * (+u2) * S / Sv1$;

résultat.ajouter-points(xc, yc) ;

Fin pour;

{ Gonflement de côté 2 }

Pour i dans {k.. nbr_point -2 }

$x0 \leftarrow C[i].x$;

$y0 \leftarrow C[i].y$;

$x1 \leftarrow C[i+1].x$;

$y1 \leftarrow C[i+1].y$;

{ composants de V }

$a \leftarrow x1 - x0$;

$b \leftarrow y1 - y0$;

$v \leftarrow \text{racine-de}(\text{carré-de}(a) + \text{carré-de}(b))$;

$u1 \leftarrow -b/v$; {Coefficient U}

$u2 \leftarrow a/v$; {Coefficient V}

{ Calcul de la longueur curviligne S }

$S \leftarrow 0$;

Pour j dans {i+1.. nbr_point -1 }

$S \leftarrow S + \text{racine-de}(\text{carré-de}(C[j+1].x - C[j].x) + \text{carré-de}(C[j+1].y - C[j].y))$;

Fin pour;

$xc \leftarrow x1 + \text{inf} * (+u1) * S / Sv1$;

$yc \leftarrow y1 + \text{inf} * (+u2) * S / Sv1$;

résultat.ajouter-points(xc, yc) ;

Fin pour;

$C(\text{nbr_point}).x \leftarrow f(\text{nbr_point}).x$;

$C(\text{nbr_point}).y \leftarrow f(\text{nbr_point}).y$;

résultat.ajouter-points(C(nbr_point).x, C(nbr_point).y) ;

Baudruche $\leftarrow$ résultat;

Fin-fonction ;

5. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté les algorithmes de généralisation que nous avons choisis pour enrichir la plateforme PÉGASE, nous avons détaillé les différentes étapes de ces algorithmes et nous avons utilisé des expressions mathématiques pour implanter ces algorithmes. Dans le chapitre suivant nous testerons les algorithmes sur des échantillons de données puis nous les comparons avec d'autres algorithmes.

Chapitre 5

Implémentation, tests et analyse

L'objectif de ce chapitre est de tester et d'analyser les algorithmes de Jenks , de Mustiere et de La Baudruche .

1.Introduction

Dans ce chapitre nous avons pu mettre en oeuvre les algorithmes de Jenks, de Mustiere et de La Baudruche, nous proposons différents échantillons pour mieux réussir l'analyse et l'implémentation de ces algorithmes.

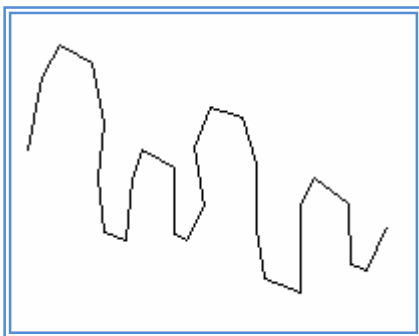
Nous avons intégré ces algorithmes à la plateforme de généralisation PÉGASE. La programmation choisie est procédurale et le langage choisi est Delphi qui est le langage avec lequel la plateforme a été réalisée.

2.Les échantillons de données

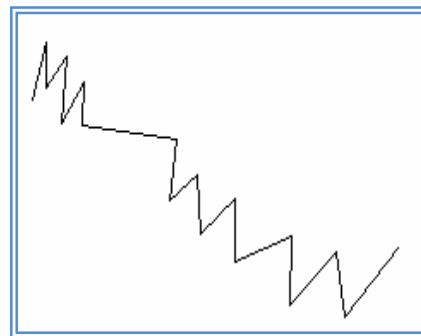
Nous avons choisi des échantillons de quelques routes et de quelques virages pour tester l'exécution de nos algorithmes, nous présentons ici des exemples de ces échantillons :

2.1 Les échantillons de routes

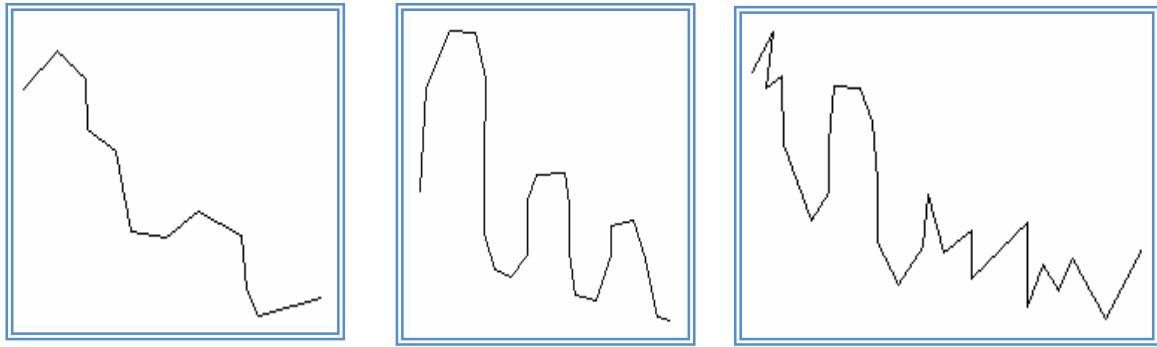
Nous présentons ici des exemples des routes :



- montagne1 -



- montagne2 -



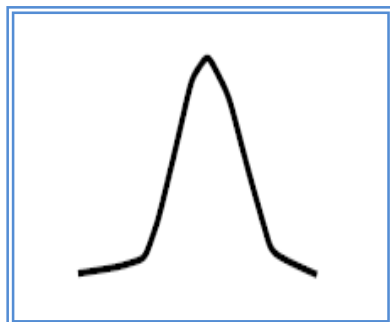
- plaine -

- Route urbaine simple-

Figure 5-1 Quelques échantillons des routes

2.2 Les échantillons de virages

Les échantillons de virages suivants sont destinés à l'algorithme de La Baudruche :



Coude

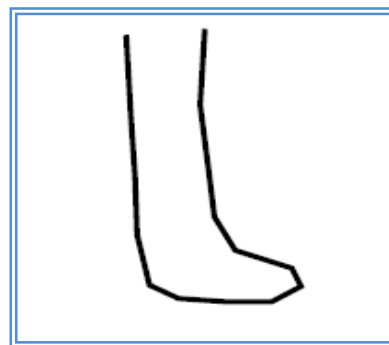


Boucle

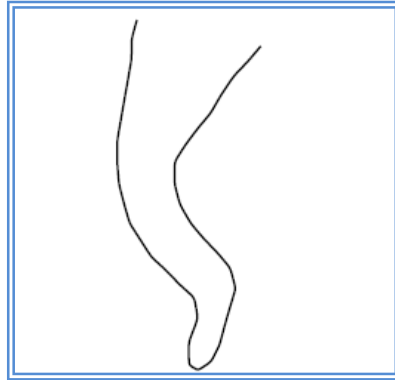
Figure 5-2 Des échantillons de virages simples [Pla, 96].



Epingle à cheveux



Virage en chaussette



Bras

Figure 5-3 Des échantillons de virages complexes [Pla, 96].

3. Algorithme de Jenks

3.1 Implémentation

Pour créer nos échantillons de données (routes), nous avons utilisé le logiciel SIG MapInf 7.

Cet algorithme est implémenté sous le langage Delphi version 7, et on a utilisé la bibliothèque MapX pour manipuler nos échantillons de données.

Avant d'intégrer cet algorithme à la plateforme PÉGASE, nous avons réalisé une interface offrant la possibilité de varier les paramètres de Jenks (min1, min2, alpha) pour effectuer nos tests sur cet algorithme (cette interface permet aux utilisateurs de choisir un échantillon de route pour le filtrer, de saisir les paramètres d'entrées ensuite de faire le filtrage, et d'afficher le résultat).

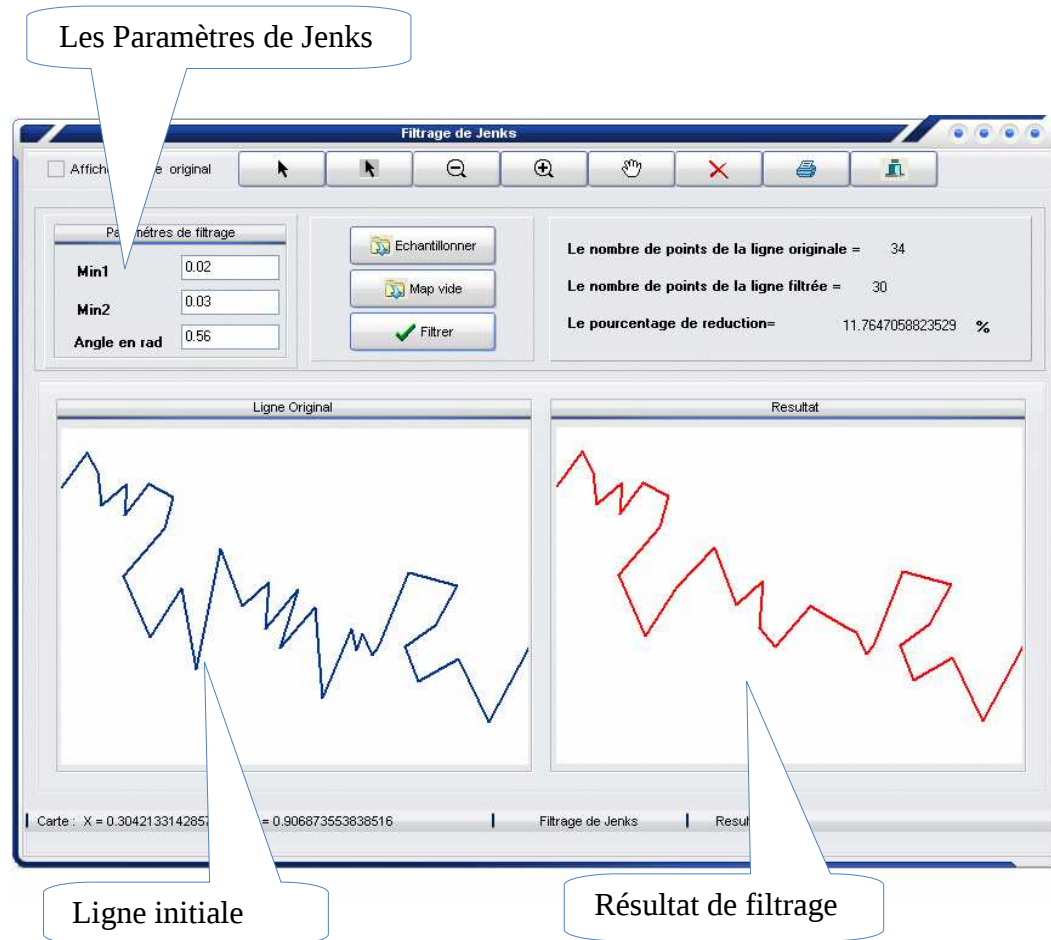
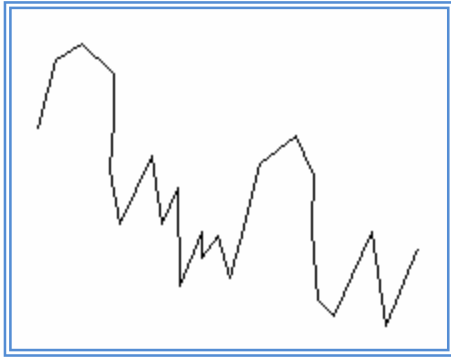


Figure 5-4 Capture écran de l'interface de Jenks.

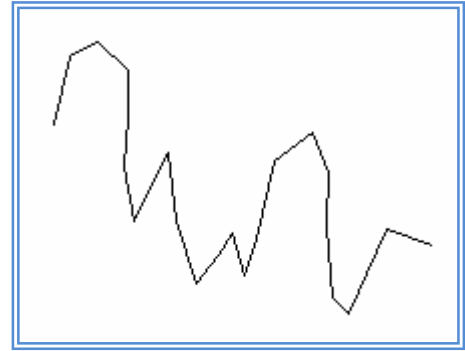
3.2 Tests et analyse

Nous avons effectué les tests sur un ordinateur possédant la configuration suivante : Microsoft Windows XP, Professionnel Version 2002, Intel (R) Pentium(R) 4 CPU 3.04 GHz, 448 Mo de RAM.

Les figures suivantes illustrent une route filtrée avec différentes valeurs des paramètres :



a). La ligne initiale.



b). La ligne après le filtrage de Jenks
 $\text{min1}=0.023$, $\text{min2}=0.03$, $\alpha=0.56$



c). La ligne après le filtrage de Jenks $\text{min1}=0.02$, $\text{min2}=0.016$, $\alpha=0.60$

Figure 5-5 Filtrage de Jenks : Le changement des paramètres.

-Test sur différents échantillons de routes

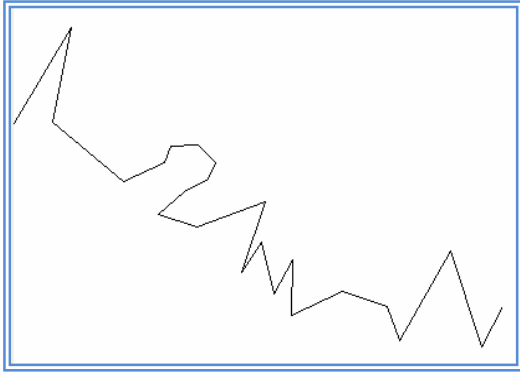


Figure 5-6 La ligne initiale.

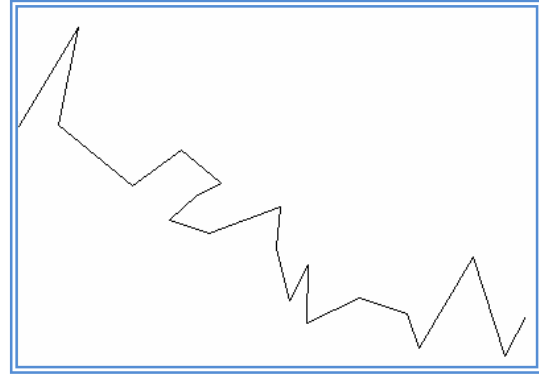


Figure 5-7 La ligne après le filtrage de Jenks
 $\text{min1}=0.034$, $\text{min2}=0.12$, $\alpha=0.34$.

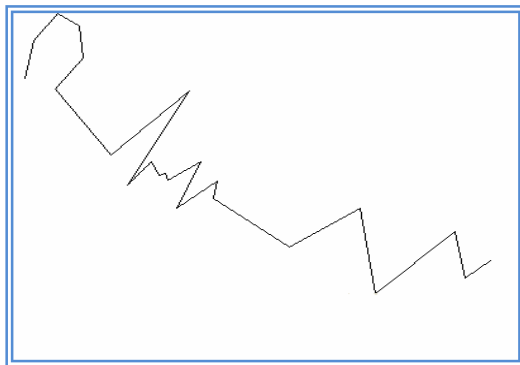


Figure 5-8 La ligne initiale.

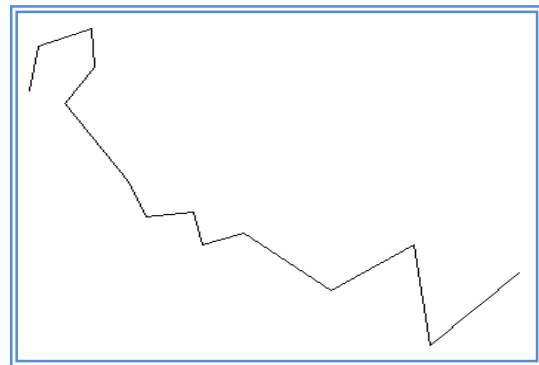


Figure 5-9 La ligne après le filtrage de Jenks
 $\text{min1}=0.025$, $\text{min2}=0.12$, $\alpha=0.56$.

3.3 Comparaison avec l'algorithme de Douglas - Poiker

Cet un algorithme de filtrage utilisé pour réduire la quantité des données pour leur stockage, il permet de réduire le nombre de points d'une ligne donnée tout en gardant son aspect principal et fonctionne selon le principe suivant :

- 1) Prendre P1 et P2 les deux points qui se trouvent aux extrémités de la ligne L.

2) Choisir un point de L dont la distance D est la plus grande du segment de ligne constitué par P1 et P2, si D est supérieur à un seuil S, on rajoute le point à la nouvelle ligne.

3) Répéter l'étape 2 pour les nouveaux segments obtenus jusqu'à ce qu'il n'y ait plus de point de distance supérieure au seuil S pour tous les segments de la ligne obtenue.

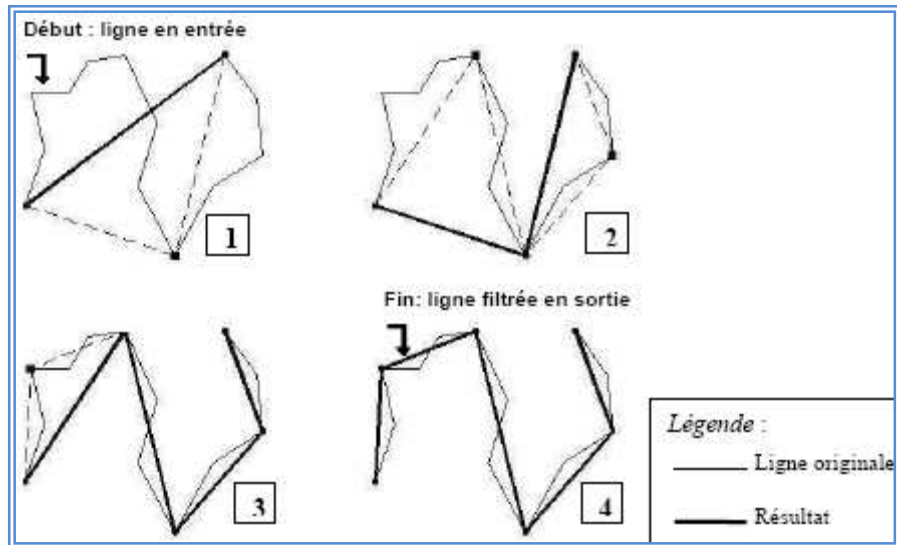
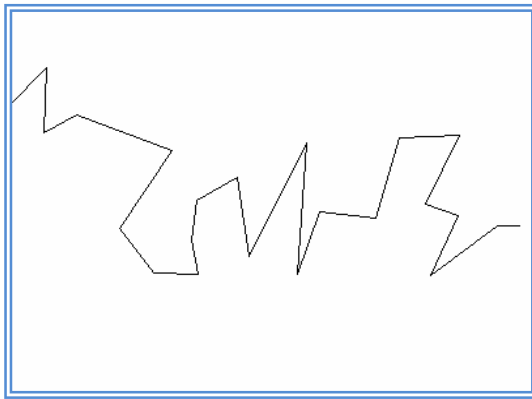
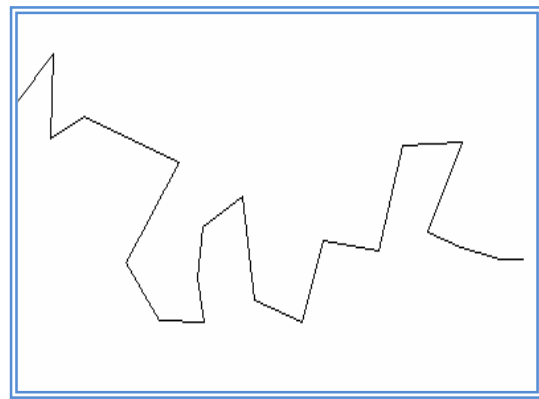


Figure 5-10 L'algorithme de Douglas et Poiker [Ham,08].

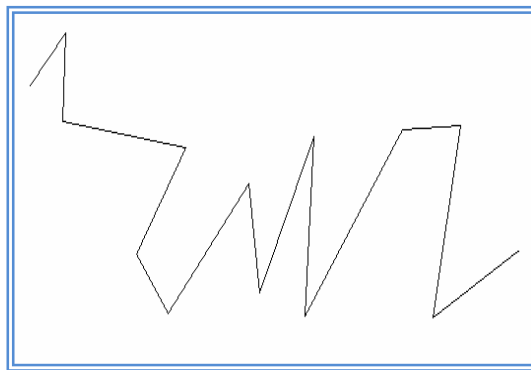
Voici quelques exemples des échantillons des routes filtrées avec Jenks et Douglas et Poiker :



a). La ligne initiale.

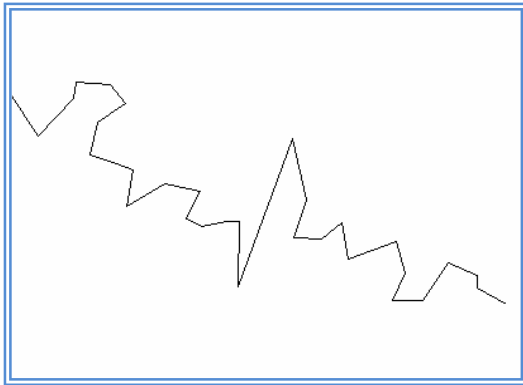


b). La ligne après le filtrage de Jenks
 $\text{min1}=0.032$, $\text{min2}=0.075$, $\alpha=0.56$.

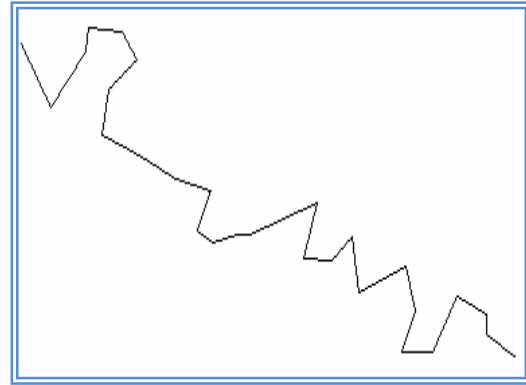


c). Après l'application de Douglas et Poiker $\text{st}=0.23$.

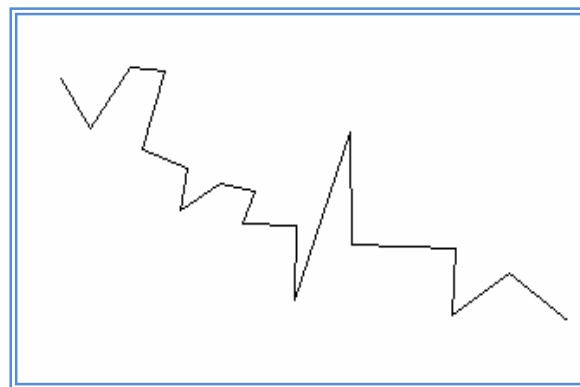
Figure 5-11 Comparaison de Jenks avec Poiker ($\text{st}=0.23$).



a). La ligne initiale.

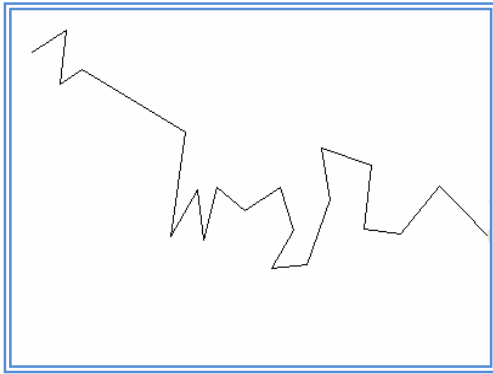


b). La ligne après le filtrage de Jenks
 $\text{min1}=0.023$, $\text{min2}=0.012$, $\alpha=0.85$.

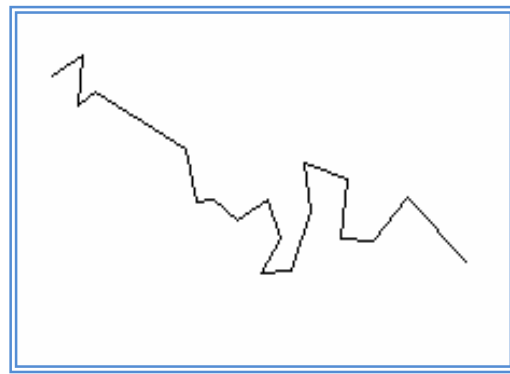


c). Après l'application de Douglas et Poiker $\text{st}=0.47$.

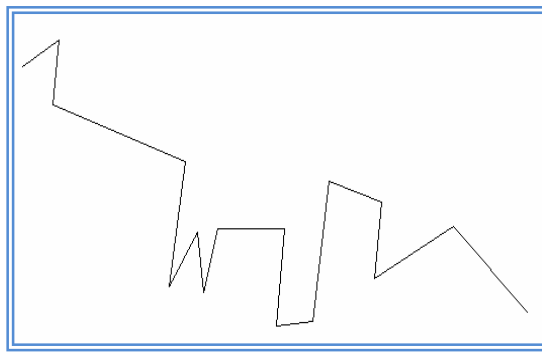
Figure 5-12 Comparaison de Jenks avec Poiker ($\text{st}=0.47$).



a). La ligne initiale.

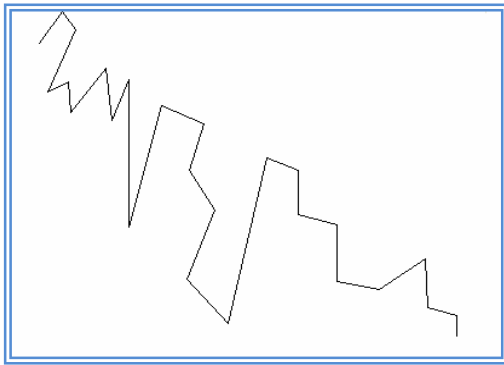


b). La ligne après le filtrage de Jenks
 $\text{min1}=0.013$, $\text{min2}=0.046$, $\alpha=0.56$

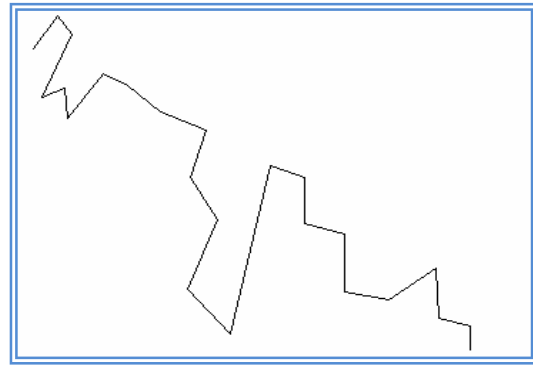


c). Après l'application de Douglas et Poiker $\text{st} = 0.16$

Figure 5-13 Comparaison de Jenks avec Poiker ($\text{st} = 0.16$).

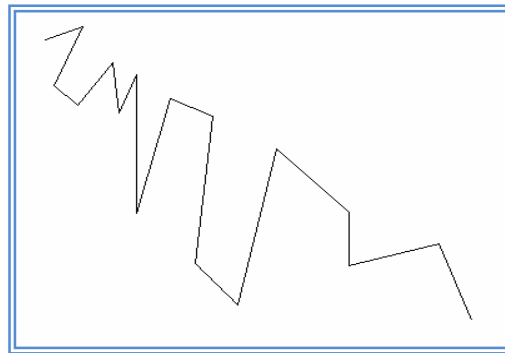


a). La ligne initiale.



b). La ligne après le filtrage de Jenks

$\text{min1}=0.006$, $\text{min2}=0.024$, $\alpha=0.95$



c). Après l'application de Douglas et Poiker $\text{st}=0.12$

Figure 5-14 Comparaison de Jenks avec Poiker ($\text{st}=0.12$).

On remarque que l'algorithme de Jenks filtre les lignes de manière parfaite par apport à l'algorithme de Douglas et Poiker, et que le choix de valeurs adéquats aux paramètres (Min1, Min2, Alpha) permet d'éliminer les bruits et les détails inutiles et en même temps de garder la forme originale de la ligne initiale. Par contre l'algorithme de Douglas et Poiker permet de filtrer les lignes mais ne conserve pas la forme originale, de plus, il a pour inconvénients de créer assez rapidement des intersections de la ligne avec elle-même, et de générer des formes très angulaires.

4. Algorithme de Mustiere

4.1 Implémentation

Pour tester cet algorithme, nous avons réalisé une interface contenant tous les outils nécessaires pour la navigation de carte (zoom in, zoom out, ...). Cette interface nous permet de choisir un échantillon de route pour détecter l'empâtement sur cette dernière, et de faire la dilatation en deux cotés. L'interface permet d'afficher le résultat après la dilatation et la détermination des zones d'empâtement sur la route d'entrée avec aussi la possibilité d'afficher la route originale.

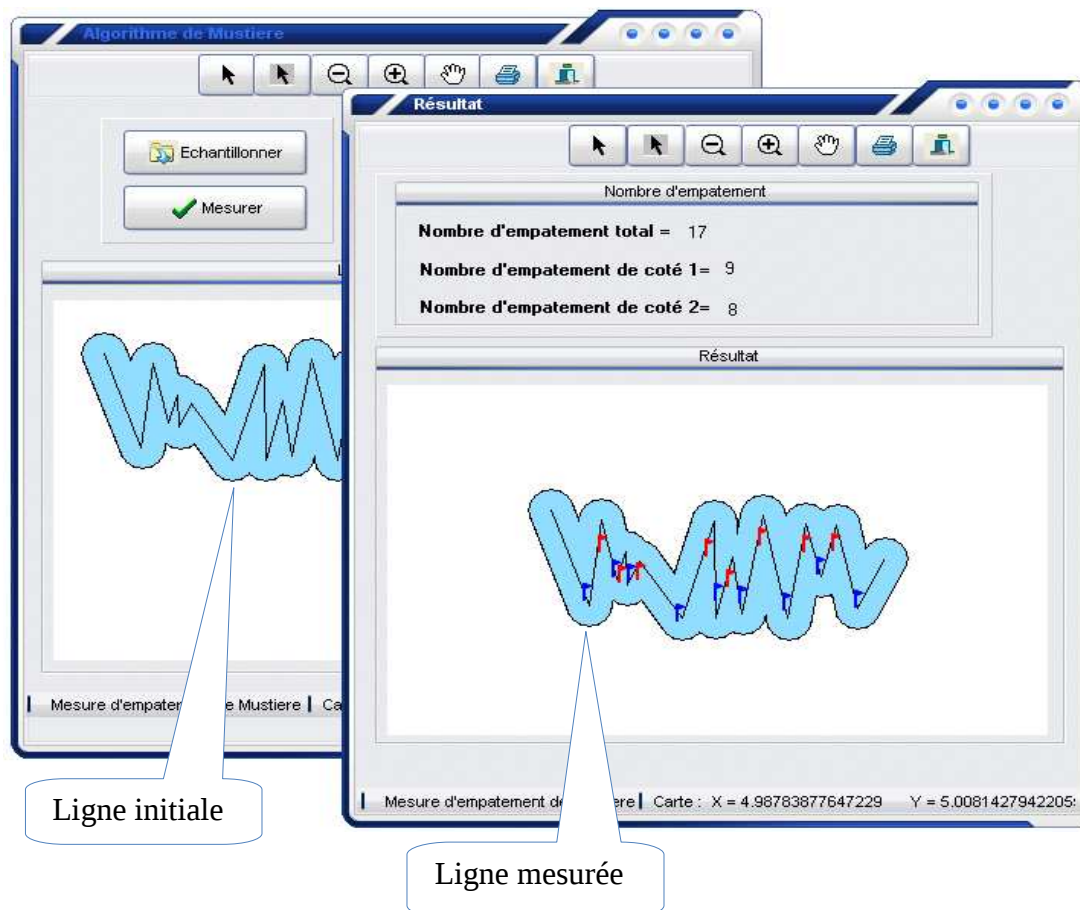
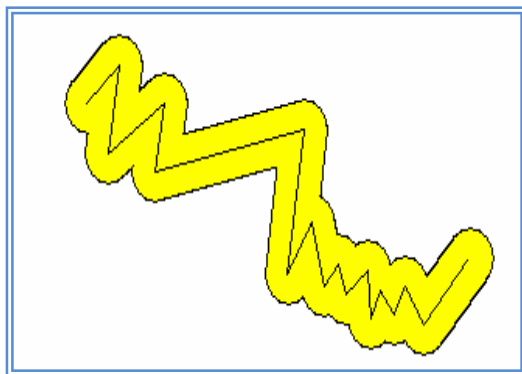


Figure 5-15 Capture écran de l'interface de Mustiere.

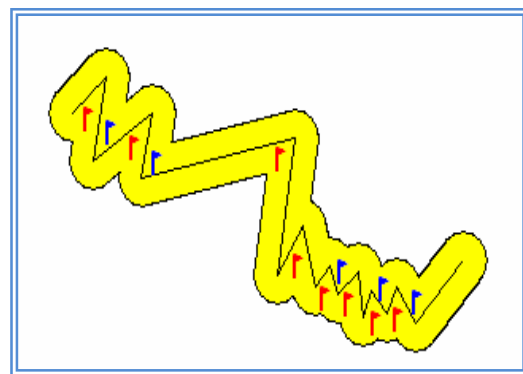
4.2 Tests et analyse

- **Test sur différents types des routes**

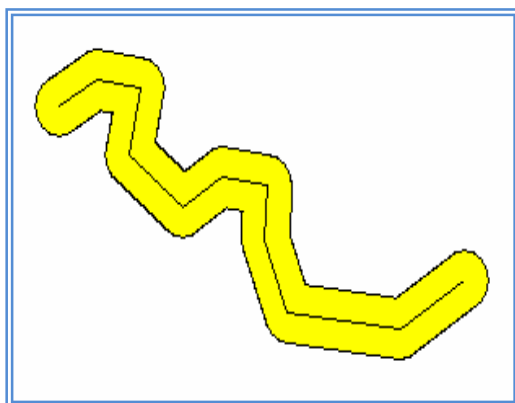
Lorsqu'on change le type d'échantillon (route montagneuse, route plaine..) le résultat de l'application de cet algorithme sera changé.



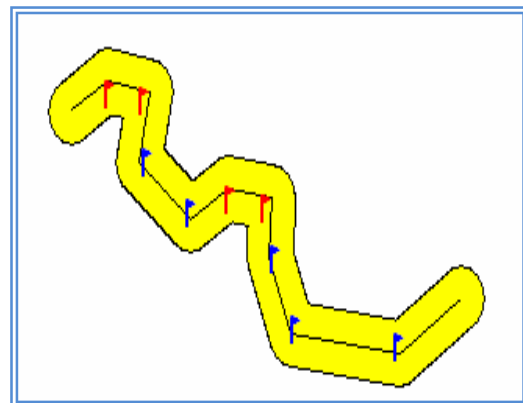
a) .La ligne initiale



b). La ligne mesurée.



a) .La ligne initiale

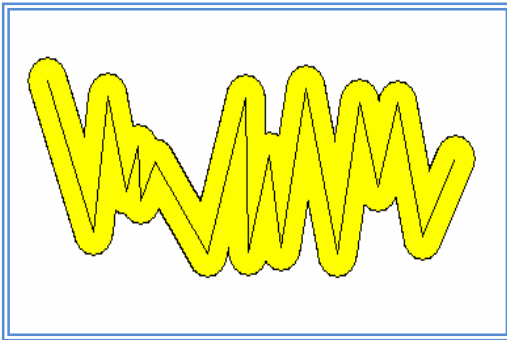


b). La ligne mesurée.

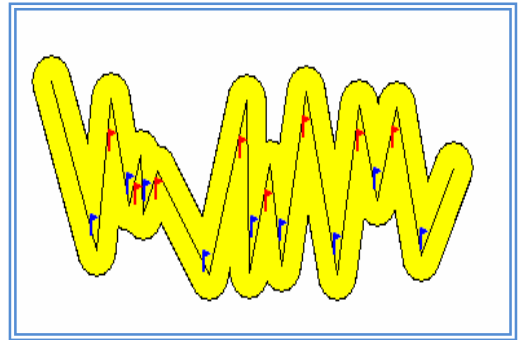
Figure 5-16 Mesure d'empatement de Mustiere.

Dans la route montagneuse, il existe beaucoup de virages, lors de la symbolisation de cette route des zones se superposent sur elles mêmes alors automatiquement le nombre d'empatement est augmenté. En d'autre part, la route plaine a moins de virages que la route montagneuse et par conséquent le nombre d'empatement diminue.

- Test sur différent échantillons de routes



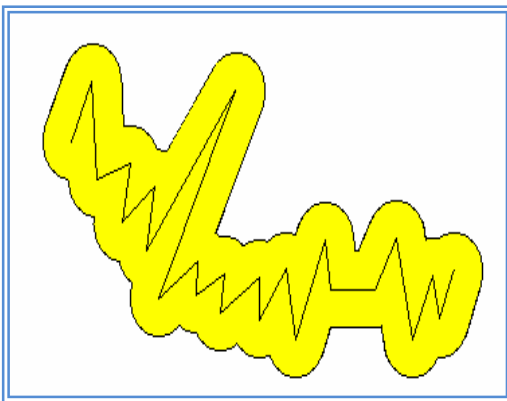
a). La ligne initiale



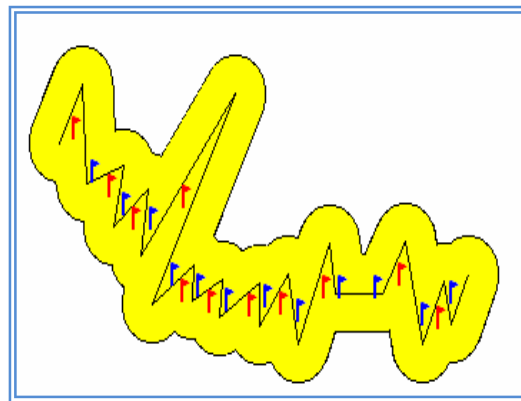
b). La ligne mesurée :

Nombre d'empatement de côté1 =9,

Nombre d'empatement de côté2 =8.



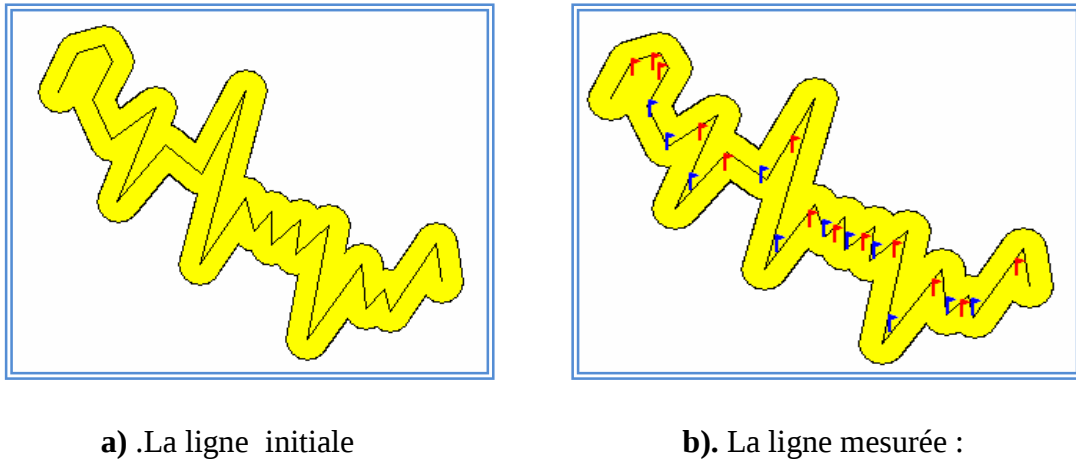
a). La ligne initiale



b). La ligne mesurée :

Nombre d'empatement de côté 1 =12,

Nombre d'empatement de côté 2 =11.



Nombre d'empâtement de côté 1 =11,

Nombre d'empâtement de côté 2 =13

Figure 5-17 Mesure d'empâtement de Mustiere sur différents échantillons de routes.

5. Algorithme de La Baudruche

5.1 Implémentation

Comme les algorithmes précédents, nous avons réalisé une interface pour tester cet algorithme avec différentes valeurs du facteur d'inflation (paramètre d'entrée de l'algorithme) et différents échantillons.

Pour faire un test sur cet algorithme nous choisissons un échantillon de virage pour le gonfler, et d'entrer le paramètre d'inflation ensuite de faire le gonflement, l'interface permet d'afficher le résultat.

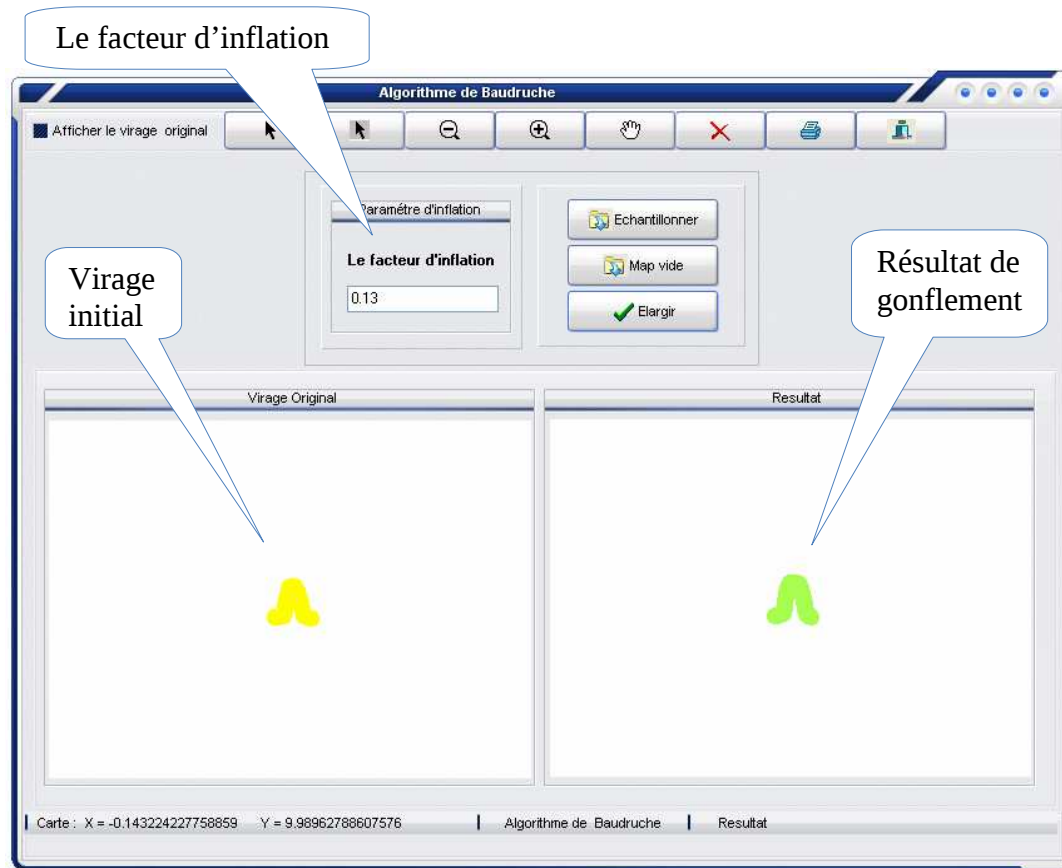
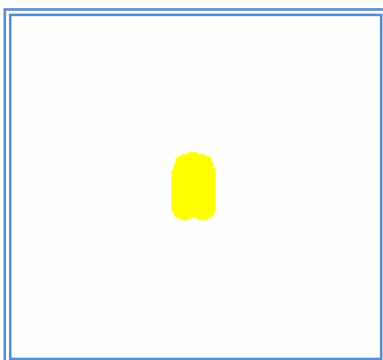


Figure 5-18 Capture écran de l'interface de La Baudruche.

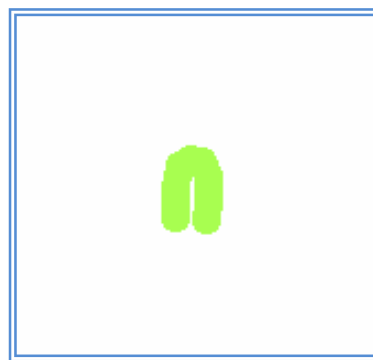
5.2 Test et analyse

- **Test sur différentes valeurs du paramètre**

Lorsqu'on change le facteur d'inflation, le résultat d'application de cet algorithme sur un échantillon sera changé.

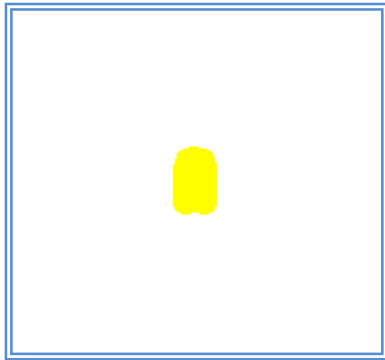


a) .Le virage initial

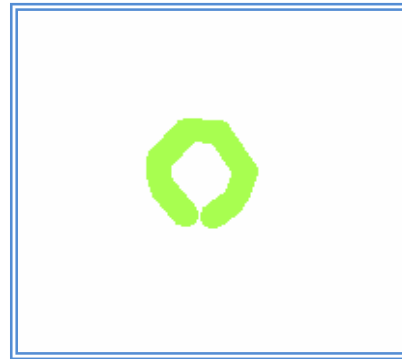


b) .Le virage gonflé inf=0.1.

Après l'application de Baudruche sur le virage avec $\text{inf}=0.5$, nous remarquons que l'empâtement est corrigé et que le virage est gonflé.

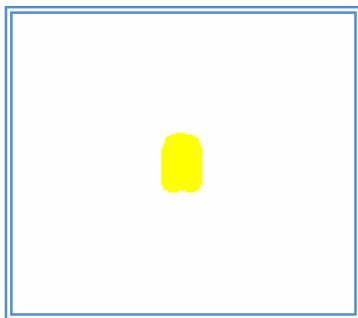


a). Le virage initial

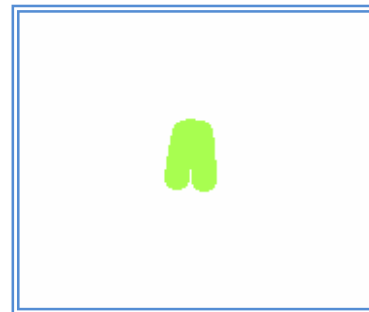


b). Le virage gonflé $\text{inf}=0.95$.

Nous remarquons ici que même si le virage est gonflé mais sa forme est perdue à cause de la valeur de $\text{inf}=0.91$.



a). Le virage initial



b). Le virage gonflé $\text{inf}=0.0001$.

Figure 5-19 L'application de La Baudruche.

À partir de ce dernier test on remarque que si on a choisi une valeur petite de **inf**= 0.1 le gonflement n'est pas réalisé, donc le problème d'empâtement n'est pas corrigé.

On constate que le choix du paramètre **inf** est important, pour que le virage gonflé et ne perd pas sa forme.

Le résultat d'application de l'algorithme sur un échantillon change à chaque fois qu'on change le facteur d'inflation.

Donc On peut dire quand la valeur de **inf** est petite alors on obtient un bon résultat, et pour obtenir la valeur optimale de **inf** il faut faire plusieurs expériences.

- **Test sur différents échantillons de virages**

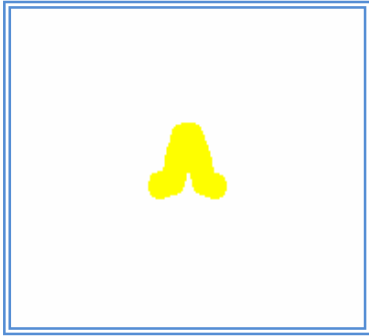


Figure 5-20 Le virage initial

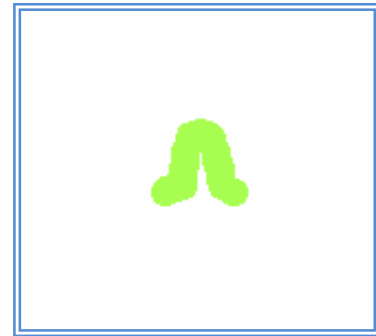


Figure 5-21 Le virage gonflé $\text{inf}=0.1$.

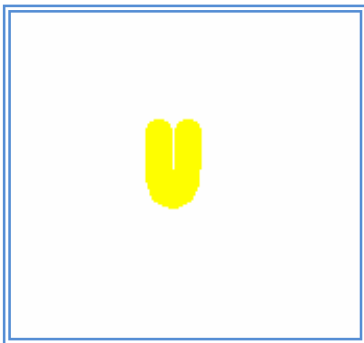


Figure 5-22 Le virage initial

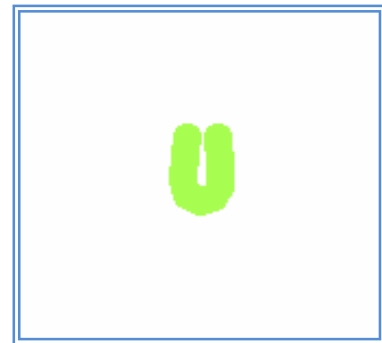


Figure 5-23 Le virage gonflé $\text{inf}=0.11$.

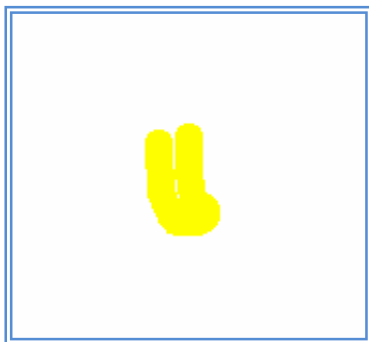


Figure 5-24 Le virage initial



Figure 5-25 Le virage gonflé $\text{inf}=0.12$.

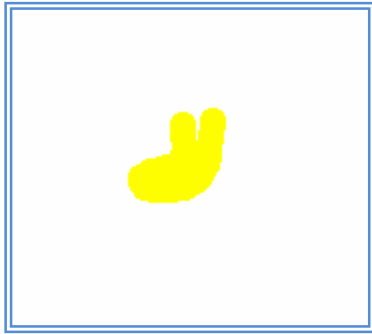


Figure 5-26 Le virage initial



Figure 5-27 Le virage gonflé $\text{inf}=0.11$.

5.3 Comparaison avec l'algorithme de l'Accordéon

L'algorithme de l'Accordéon est un algorithme de caricature dont le but est d'élargir un virage afin d'éliminer son empâtement.

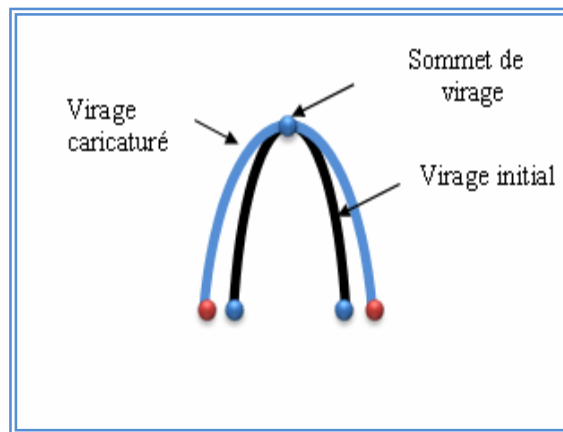


Figure 5-28 Principe de L'Accordéon.

Son principe est le suivant :

1. Extraire le sommet de virage.
2. Pour chaque point de virage excepté le sommet déterminer le vecteur perpendiculaire à la courbe sur le point courant P_i .

3. Calculer les nouvelles coordonnées des points en utilisant l'expression mathématique suivante :

$$\begin{cases} X_c = X_i + \text{Epsilon} * \text{Sens} * B * (S/S_v - 0.5) \\ Y_c = Y_i + \text{Epsilon} * \text{Sens} * A * (S/S_v - 0.5) \end{cases}$$

Où

X_c, Y_c les coordonnées des points de virage caricaturée.

X_i, Y_i les coordonnées des points de virage initiale.

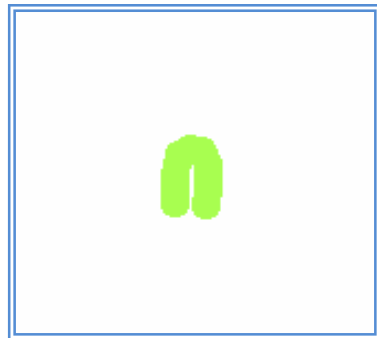
Epsilon : facteur d'élargissement de la courbe.

Sens : +1 ou -1 selon le signe de la courbure.

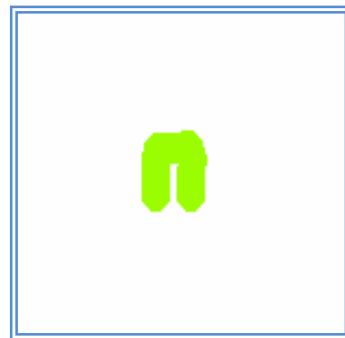
B, A : les composants du vecteur perpendiculaire.

S : la longueur curviligne entre le point courant P_i et le point d'extrémité le plus proche.

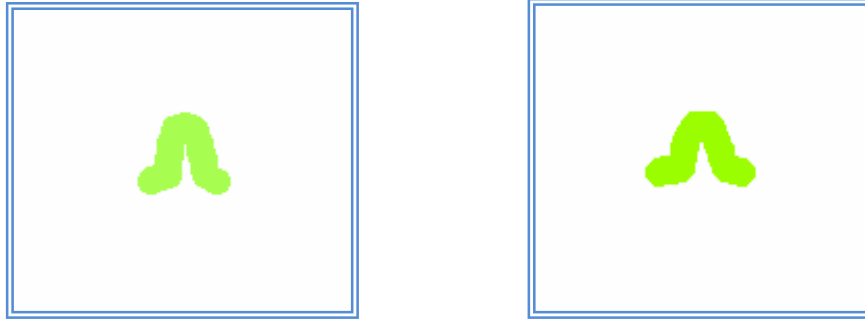
S_v : la longueur curviligne entre les deux points d'extrémités.



a). Virage après La Baudruche



b). Virage après l'Accordéon



a). Virage après La Baudruche

b). Virage après l'Accordéon

Figure 5-29 Comparaison d'application entre La Baudruche et l'Accordéon.

On remarque que l'algorithme de La Baudruche permet de corriger le problème de l'empatement des virages étroits et conserve la forme de virage initial. Par contre l'algorithme de L'accordéon ne garde pas la forme originale.

6. Adjonction des algorithmes à la plateforme de généralisation

Les algorithmes ont été écrits sous la forme de fonction ou procédure de la manière ci-dessous afin de les intégrer à la bibliothèque des algorithmes de généralisation dans la plateforme PÉGASE.

Fonction Jenks (r: polyligne; min1, min2, alpha:réel):polyligne ;

Début

.....

Fin

Procédure Mustiere (Entrée g: polyligne; Sortie s1, s2:entier; empatement: tableau de point);

Début

.....

Fin

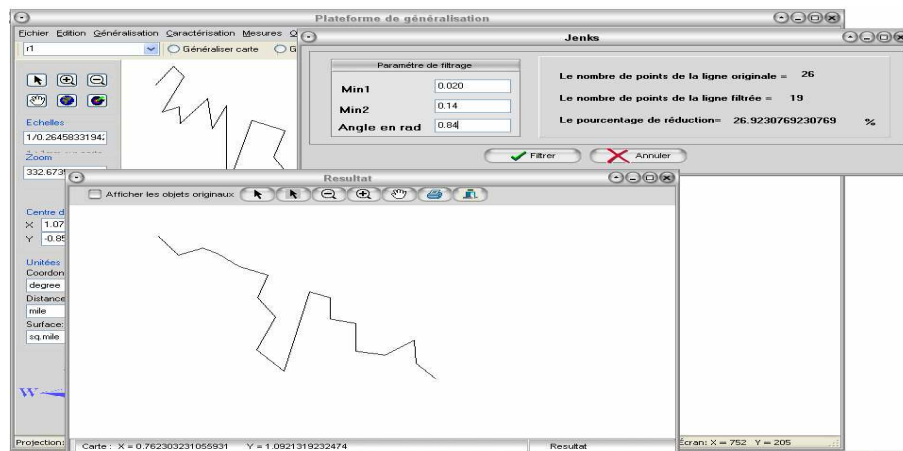
Fonction Baudruche (f: virage; inf:réel): virage;

Début

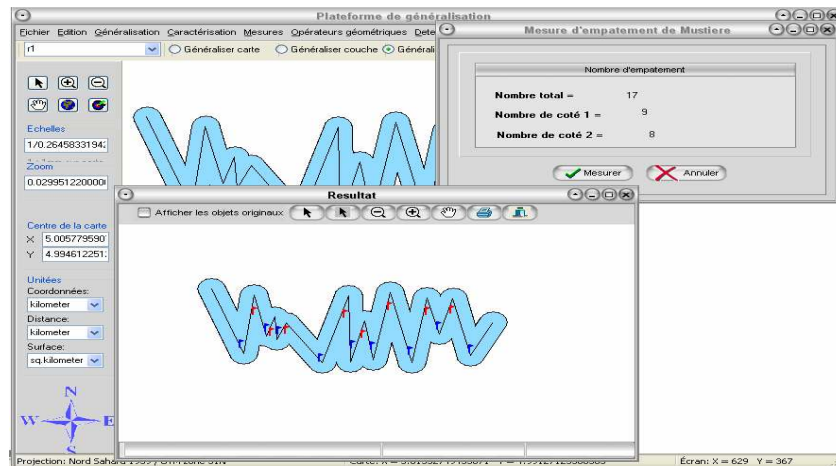
.....

Fin

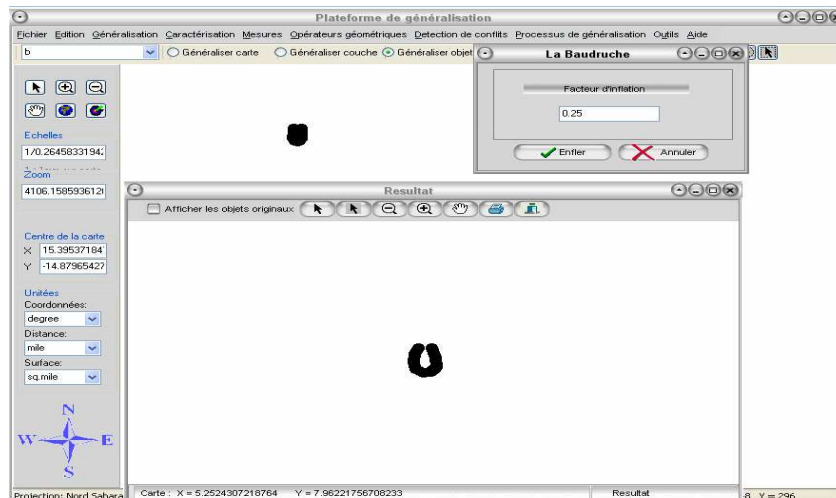
Les figures suivantes montrent l'exécution de Jenks, de Mustiere et de La Baudruche dans la plateforme PÉGASE



a) L'exécution de Jenks.



b) L'exécution de Mustiere.



c) L'exécution de La Baudruche.

Figure 5-30 Captures écran de l'exécution de Jenks, de Mustiere et de La Baudruche.

7. Conclusion

Dans ce chapitre nous avons pu tester l'algorithme de Jenks ,de Mustiere et de La Baudruche. Nous avons constatés que lorsqu'on choisit de bonnes valeurs de $\min_1, \min_2$ et α nous obtenons de meilleurs résultats et les lignes sont bien simplifiées, nous avons aussi comparé l'algorithme de Jenks avec l'algorithme de Douglas et Poiker, et nous avons constaté que l'algorithme de Jenks est meilleur que l'algorithme de Douglas et Poiker car il garde la forme originale de la ligne initiale.

Pour l'algorithme de Mustiere nous avons conclu que l'empâtement dépend du type de route, et que les routes montagneuses sont les plus probables à être d'empâter.

Nous avons vu pour l'algorithme de La Baudruche que l'obtention de bon résultat dépend du choix du facteur d'inflation, nous avons comparé les résultats de notre algorithme avec ceux de l'algorithme de l'accordéon et nous avons déduit que La Baudruche permet de gonfler les virages étroits avec la conservation de ses formes originales.

Et nous avons terminé ce chapitre par l'adjonction des algorithmes à la plateforme de généralisation sous forme de fonction ou de procédure.

Chapitre 6

Conclusion générale

Dans ce chapitre on trouve la conclusion générale de cet mémoire, les apports personnels et les perspectives.

Conclusion générale

À travers ce modeste travail nous avons pu nous introduire dans le domaine des applications cartographiques plus précisément dans les algorithmes de généralisation.

Nous avons vu que l'un des problèmes de ces applications est la généralisation cartographique, cette dernière étant nécessaire mais complexe à la fois peut être résolue via des traitements automatiques ou bien avec la méthode dite des Représentations Multiples ou encore avec la méthode Combinée.

La généralisation implique un besoin pour des expériences intensives avec les outils développés. Cette nécessité implique à son tour, qu'une plateforme de recherche soit disponible ce qui va faciliter le développement et l'intégration de nouveaux algorithmes.

Nous avons vu que lorsqu'on passe d'une grande échelle de la carte vers une échelle plus petite, la carte devient encombrée, illisible et des conflits entre les objets peuvent se produire : superposition, imperceptibilité, empâtement, etc. Pour cela la généralisation cartographique est apparue, elle consiste à dériver un ensemble de données à partir d'un autre. Elle prend principalement en compte l'aspect visuel des données.

Le contexte d'étude de ce travail de projet de fin d'étude s'inscrit dans la continuité et l'enrichissement de la plateforme de généralisation PÉGASE au travers d'outils de généralisation.

Nous avons choisi d'implanter l'algorithme de Jenks qui permet de filtrer les routes en éliminant les bruits, de diminuer l'empâtement et de

compresser les données cartographiques. Il donne de bons résultats dans les routes simples et à virages, l'algorithme de Mustiere qui résout correctement le problème de détection de l'empâtement dans les objets linéaires tels que les routes montagneuses et les routes plaines, et celui de La Baudruche qui permet de gonfler les virages et il est très efficace sur les virages étroits.

Les comparaisons de ces algorithmes avec d'autres algorithmes (Douglas et poiker, l'accordéon) ont permis de mieux les cerner et bien voir leur efficacité, ce qui nous a permis de valider le choix de ces algorithmes.

Enfin, les perspectives générales de ce travail sont multiples car de nombreux travaux restent à faire concernant la généralisation linéaire en particulier celle des routes tel que l'enrichissement de la plateforme de généralisation par des algorithmes de simplification et de caricature (Lang, Plâtre, Faille min,...) car la plateforme reste dans le besoin des algorithmes non implantés dans le domaine routiers, et des algorithmes de L'élimination de bâtiments dans un îlot, équarrissage ,... dans le domaine du bâtis.

Bibliographie & Webographie

- **[Age, 00]** : DAA AGER. « Introduction aux SIG : systèmes d'informations géographiques » ; Institut national agronomique, article PDF de cours, PARIS-GRIGNON, France, Octobre 2000.
- **[Bof, 01]** : Annabelle BOFFET. « Méthode de création d'information multi-niveaux ». Thèse de doctorat à l'université de Marne-la-Vallée, France, 2001.
- **[Boh,10]** : BOHO. « Delphi first approche : Informatique : Programmation»
<http://www.doc-etudiant.fr>, Dernières visites Mai 2010.
- **[Cia, 04]** : Ciao GmbH . «Mapx -Licence : Description du produit par le fabricant»
http://www.ciao.fr/MapX_Licence__495972, Dernières visites Février 2010.
- **[Dev, 97]** : Thomas Devogele. « 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, 1997.
- **[Duc, 04]** : Duchêne C. « Généralisation cartographique par agents communicants : Le modèle CARTACOM », Thèse de Doctorat à l'université Pierre et Marie Curie (Paris VI), France, 2004.
- **[Dup, 10]** : Dupont P. « La géométrie : les coordonnées », Lille, France, [http : //](http://www.mathenligne.com)
www.mathenligne.com, Mars 2010. Dernières visites Mars 2010.
- **[Fri, 97]** : Fritsch E. « Représentations de la Géométrie et des Contraintes Cartographiques pour la Généralisation du Linéaire Routier » Thèse de doctorat à l'université de Marne-la-Vallée, France, 1997.
- **[Gaf, 08]** : Julien GAFFURI. « Automatisation de la généralisation », présentation de stage à IGN, laboratoire COGIT Cedex – France, avec LIP6 – Pôle IA, Paris – France, 2008.
- **[Geo, 10]** : George G. « La géométrie : les coordonnées », Lille, France, [http : //](http://www.mathenligne.com)
www.mathenligne.com, Mars 2010. Dernières visites Mars 2010.

- **[Ges, 05]** : Nils GESBERT. « Étude de la formalisation des spécifications de bases de données géographiques en vue de leur intégration ». THÈSE pour obtenir le grade de docteur de l'Université de Marne la Vallée. Institut géographique national, en 2005.
- **[Gou, 08]** : Gouvernement du Québec 2008. «Québec géographique »
<http://www.quebecgeographique.gouv.qc.ca/index.asp>, Dernières visites Février 2010.
- **[Ham, 08]** : Nardjes HAMINI. « Résolution des conflits cartographiques dans un entrepôt de données spatiales par un nouveau système de généralisation basé sur une approche combinée ». Thèse de magister à l'ESI, Oued-Smar Alger, Algérie, 2007/2008.
- **[Lec, Pla, Lag, 97]** : François LECORDIX, Corinne PLAZANET, Jean Philippe LAGRANGE. « A platform for Research in Generalization :Application to Caricature » : Institut Géographique National (France), research service, COGIT Laboratory,1997.
- **[Luc,Mar, 00]** : Luc Cambrézy , Marc Souris «Environnement et cartographie des camps de réfugiés au Kenya une application de la vidéographie aérienne» , Bulletin n° 166 du Comité français de cartographie, Paris, 2000
- **[Man, 06]** : Imad MANAA. « Diffusion cartographique sur le Web ». Thèse de magistère à l'ESI, Oued-Smar Alger, Algérie, 2005/2006.
- **[Mus, 01]** : Mustière S. « Apprentissage Supervisé pour la généralisation cartographique » Thèse de Doctorat de l'université Pierre et Marie Curie (Paris VI), 2001.
- **[OQLF, 04]** : OQLF (2004). Le grand dictionnaire terminologique. Office Québécois de la Langue Française : [http : //www.granddictionnaire.ca](http://www.granddictionnaire.ca), Dernières visites Fevrier 2010.
- **[Pas, 05]** : Pascal Barbier «MAP INFO V7.0 FONCTIONNALITÉS DE BASE» ÉCOLE NATIONALE DES SCIENCES GEOGRAPHIQUES, <http://www.ensg.ign.fr> IGN 2005.
- **[Pie, 08]** : Christelle Pierkot. « Gestion de la Mise à Jour de Données Géographiques Répliquées », Thèse de doctorat, Université Toulouse III - Paul Sabatier, laboratoire de COGIT, France, 2008.

- **[Pla, 96]** : Plazanet C. « Enrichissement des bases de données géographiques : analyse de la géométrie des objets linéaires pour la généralisation cartographique (application au routes) ». Thèse de doctorat à l'université de Marne-la-Vallée, France, 1996.
- **[Pun, 10]** Punk92. «Géographie : Histoire Géographie», Europe occidentale, France, Loire: <http://www.intellego.fr>, Dernières visites Février2010
- **[Rua, 99]** : Ruas Anne. « Modèles de Généralisation de Données Géographiques à Base de Contraintes et d'Autonomie ». Thèse de Doctorat 323 p, Université de Marne-la-Vallée, France, 1999.
- **[Sao, 09]** : Saouli H, Saouli K. « Résolution des conflits routiers cartographiques linéaires par les algorithmes de Lissage Gaussien et de Faille Max ». Mémoire d'ingénieur d'état à l'université de Laghouat, 2009.
- **[TPS, 08]** : TP-SIG. «Qu'est ce qu'un système d'information géographique» Cellule SIG – Télédétection, article PDF de cours, Unité Epidémiologie Institut Pasteur de Madagascar 2008.
- **[Wik, 10]** : Wikipédia «Carte géographique» Un article de Wikipédia, l'encyclopédie libre http://fr.wikipedia.org/wiki/Carte_géographique, Dernières visites Février 2010.

Annexe des définitions

Algorithme de généralisation : Suite d'instructions informatiques qui permettent de réaliser une opération de généralisation.

Base de données cartographique (BDC) : Base de données où sont représentés (et localisés) les objets graphiques d'une carte (des points, des lignes, des surfaces, du texte) avec leur symbolisation (couleur, largeur...). Une BDC est une base de données prête à afficher ou imprimer de manière lisible à une certaine échelle.

Base de données géographique (BDG) : Base de données où sont représentés (et localisés) des objets géographiques (maisons, rivières...). Elle est plus détaillée que celle de cartographique.

Carte (map) : Représentation graphique d'une région à l'aide de formes illustrant des objets et des symboles, destinées à décrire la nature de ces objets, et organisées selon leur position géographique.

Carte T-O : Le monde est dit "rond" d'après la rondeur d'un cercle, parce que le monde est tel une roue, en effet, l'Océan qui l'entoure de toutes parts le délimite par un cercle. Il est divisé en trois parties, d'une part l'Asie, en second l'Europe et en troisième l'Afrique. Sur la carte TO, les trois continents connus (Europe, Asie, Afrique) étaient placés de part et d'autre de barres verticale et horizontale, formant un T renversé. Le T était entouré d'un O, d'où le nom de *carte TO*.

Equateur : L'équateur est le parallèle de référence (0°). Il partage le globe en deux hémisphères, l'hémisphère nord et l'hémisphère sud.

Espace euclidien : Est un objet algébrique permettant de généraliser de façon naturelle la géométrie traditionnelle développée par euclidi dans ces éléments.

Géométrie (en SIG) : Dans une base de données géographique, partie de l'information stockée sur les objets géographiques relative à leur position et à leur forme, à opposer à sémantique. Cette géométrie est en général représentée sous forme vecteur ou rasteur.

Globe terrestre : Globe terrestre fait référence à l'espace géométrique défini par la planète Terre. Par extension, un globe terrestre désigne communément un_globe planétaire figurant la Terre, en d'autres termes une maquette de notre planète à une échelle très réduite.

Géodésie : Est une science qui a pour but l'étude et la détermination de la taille et de la forme de la Terre, y compris son champ de gravité dans un espace tridimensionnel variant en fonction du temps. Elle permet, entre autres, de mesurer la position (latitude et longitude et l'altitude) et le mouvement de points à la surface de la Terre. Cette science a traversé les âges en se développant encore et encore, et a renvoyé aux habitants de chaque époque jusqu'à nos jours une vision toujours plus claire et précise de notre globe.

Homothétie : Est une transformation géométrique d'un espace affine dans lui-même, fixant un point O appelé centre de l'homothétie et transformant un hyperplan en un hyperplan parallèle. Une homothétie se définit par son centre (un point de l'espace affine) et son rapport (un scalaire non nul). La composée de deux homothéties est soit une translation si le produit des rapports vaut 1.

Institut Géographique National : IGN créé en 1940 puis transformé en établissement public en 1967, est chargé de couvrir la cartographie du territoire français et d'en assurer la mise à jour. Il est ainsi l'héritier direct du service géographique des armées. Au début des années 80, L'IGN s'engage résolument dans une véritable mutation technologique qui débouche sur la réalisation de la cartographie numérique.

Laboratoire COGIT : Le laboratoire COGIT (Conception Objet et Généralisation de l'Information Topographique) étudie les problématiques liées à l'utilisation des données topographiques vectorielles. Créé en 1988 en même temps que le service de la recherche, le COGIT a été dirigé successivement par Isabelle Destival, Benoît David, Jean-Philippe Lagrange (1992-1995), Sylvie Lamy (1995-2000) puis Anne Ruas.

Latitude (nord ou sud) est la distance en degrés qui sépare un parallèle de l'Equateur.

Longitude (Ouest-est) est la distance mesurée en degrés qui sépare un méridien, du méridien de Greenwich.

Méridiens : Les méridiens sont des demi-cercles qui joignent les deux pôles. Ils découpent le globe en 24 quartiers comme ceux d'une orange.

Mésopotamie : désigne le pays entre deux fleuves est une région du moyen orient située entre le Tigre et Euphrate. Elle correspond pour sa plus grande part à l'Irak actuel.

Météorologie : La météorologie a pour objet l'étude des phénomènes atmosphériques tels que les nuages, les dépressions et les précipitations dans le but de comprendre comment ils se forment et évoluent.

Parallèles : Les parallèles sont des cercles imaginaires parallèles à l'Equateur.

PÉGASE (Plateforme pour l'Etude de la Généralisation Axée Spatial, Extensible) est une plateforme contenant un ensemble d'algorithmes de généralisation et de mesures géométriques réalisée dans un projet de magister à l'ESI [Ham, 08].

Stéréoscopie : Est l'ensemble des techniques mises en œuvre pour reproduire une perception du relief à partir de deux images planes. Elle est née pratiquement en même temps que la photographie, bien que l'on en trouve des traces plus anciennes dans des interrogations et expérimentations picturales.

Topographie : Est l'art de la mesure puis de la représentation sur un plan ou une des formes et détails visibles sur le terrain, qu'ils soient naturels (notamment le relief) ou artificiels (comme les bâtiments, les routes, etc.). Son objectif est de déterminer la position et l'altitude de n'importe quel point situé dans une zone donnée, qu'elle soit de la taille d'un continent, d'un pays, d'un champ ou d'un corps de rue.

Résumé

Le domaine de la cartographie, comme beaucoup d'autres, a été révolutionné par l'avènement de l'informatique. Traditionnellement, la carte était à la fois un support de stockage de connaissances sur le monde réel, et un vecteur de ces connaissances. Avec l'arrivée de l'informatique, les producteurs de données géographiques ont cessé de stocker l'information sous forme de cartes pour la stocker sous forme numérique, dans des bases de données géographiques.

Pour visualiser ou réaliser une carte à plus petite échelle à partir d'une autre à plus grande échelle il faut utiliser la généralisation cartographique, car elle permet de fournir une information claire et lisible adaptée aux besoins de l'utilisateur en conservant ce qui est essentiel. Une simple réduction d'échelle fait apparaître plusieurs problèmes sur la carte qu'on appelle conflits cartographiques. Dans ce travail nous nous intéressons plus particulièrement à traiter les conflits cartographiques routiers.

Pour résoudre ces conflits, il existe plusieurs outils de généralisation, après l'étude comparative notre choix s'est porté sur les algorithmes de Jenks, de Mustiere et de La Baudruche. Ces algorithmes qui s'inscrivent dans le cadre des objets cartographiques linéaires vont servir à enrichir la plateforme de généralisation existante PÉGASE (Plateforme pour l'Etude de la Généralisation Axée Spatial, *Extensible*).

Mot clés : Base de données spatiales, généralisation cartographique, Jenks,

La Baudruche, Mustiere, Plateforme de généralisation, conflits cartographiques routiers.

Abstract

The field of cartography mapping, like many other fields, has been revolutionized by the advent of computers. Traditionally, the map was both a storage medium of knowledge about the real world, and a vector of knowledge. With the advent of computers, data producers have stopped storing geographic information in the form of maps for storage in digital form, in geographic databases.

To view or make a map on a smaller scale from another larger scale map, a mapping generalization should be used, because it can provide a clear and readable information tailored to the user's needs while keeping what is essential. A simple scaling revealed several

problems on the map called mapping conflicts. In this work we are particularly interested in dealing with road mapping conflicts.

To resolve these conflicts, there are several generalization tools, after the comparative study we chose the algorithms Jenks, of Mustière and The Balloon. These algorithms are part of linear cartographic objects are used to enrich the existing generalization PEGASE platform (Platform for the Study of the Generalization Space Focused, Expandable).

Key words: Spatial Database, cartographic generalization, Jenks, The Balloon, Mustière, generalization Platform, road mapping conflicts.