



MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE
LA RECHERCHE SCIENTIFIQUE
UNIVERSITÉ ABDELHAMID IBN BADIS - MOSTAGANEM

Faculté des Sciences Exactes et de l'Informatique
Département de Mathématiques et d'Informatique
Filière : Informatique

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES
Pour l'Obtention du Diplôme de Master en Informatique
Option : **Systemes d'Information Géographique**

THEME :
LE SYSTEME D'INFORMATION GEOGRAPHIQUE (SIG)
POUR LA GESTION DES RESEAUX DE
TELECOMMUNICATIONS DE LA VILLE DE
MOSTAGANEM

Etudiant(e)s : « **Mammeri Mohammed El Amine** »

« **Mvingu Ngoma Yves** »

Encadrant(e) : « **Mme Sidi ykhlef Soraya** »

Année Universitaire 2016/2017

Résumé

Le développement des réseaux de télécommunications exige des opérateurs de télécommunication une prise en compte de la dimension géographique. Aujourd'hui confrontés à de nombreux challenges impactant leurs réseaux. Les SIG permettent de croiser et analyser, via une carte, des données métiers. L'analyse spatiale est alors nécessaire pour optimiser leurs processus et effectuer les bon choix, par exemple :

- Pour faire face à l'obsolescence de certains éléments du réseau impliquant une stratégie de remplacement de matériel, au travers d'interventions opérationnelles.
- Pour se mettre en conformité avec la loi. Comme la mise en place d'un guichet unique obligeant les opérateurs à déclarer en ligne les réseaux souterrains, aériens ou subaquatiques. L'objectif étant de sécuriser les travaux proches des réseaux.

Mots-clés : Système d'Information Géographique, Bases des données spatiales, Réseaux de Télécommunication.

Sommaire

Introduction	1
Chapitre I : Histoire des télécommunications	2
I.1 Présentation des télécommunications	2
I.2 Avant les télécommunications modernes	2
I.3 Le début des télécommunications modernes	3
I.3.1 L'invention du télégraphe	3
I.3.1.1 Le Télégraphe optique	3
I.3.1.2 Le Télégraphe électrique	4
I.3.2 L'invention du téléphone	6
I.3.2.1 Le téléphone classique	6
I.3.2.2 Le téléphone mobile	7
I.3.3 L'invention des radiocommunications	7
I.3.4 Développement des liaisons à grande distance	8
I.3.4.1 Réseau de lignes à grande distance par câbles (câbles coaxiaux)	8
I.3.4.2 Réseau de liaisons à grande distance par ondes radioélectriques (Faisceaux hertziens)	9
I.3.5 Naissance du réseau de télécommunications intercontinentales à partir des années 60	10
I.3.5.1 Les liaisons téléphoniques par câbles sous-marins	10
I.3.5.2 Les télécommunications par satellite	11
I.3.5.3 Complémentarité des satellites et des câbles sous-marins	11
I.3.6 Evolution des systèmes de transmission du signal	12
I.3.6.1 Les liaisons par fibres optiques	12
I.3.6.2 Les systèmes de transmissions multiplex	13
I.4 Avantages et Inconvénients des réseaux de télécommunications	13
I.4.1 Les avantages	14
I.4.2 Les inconvénients	15
Chapitre II : Système d'Information Géographique	17
II.1 Définition	17
II.2 Les composants d'un SIG	17
II.3 Les formats connus et propriétaires de données géographiques	18
II.3.1 Le format graphe	18
II.3.2 Les formats propriétaires et d'Echange	19
II.3.3 Types de structures données géographiques	20
II.3.3.1 Les données raster	20
II.3.3.1.1 Avantages des données raster (raster data)	21
II.3.3.1.2 Inconvénients des données raster	21
II.3.3.2 Les données vectorielles	21
II.3.3.2.1 Avantages des données vectorielles (vectorial data)	22
II.3.3.2.2 Inconvénients des données vectorielles	22
II.3.3.3 Les données attributaires	23
II.4 Sources de données	24
II.5 Les fonctionnalités d'un SIG	25
Chapitre III : SIG et Réseaux de Télécommunications	28
III.1 L'apport d'un SIG dans la Télécommunication	28
III.1.1 Planification de réseaux	28
III.1.2 Ingénierie et construction	29
III.1.3 Marketing	29

III.1.4 Vente	29
III.1.5 Service client et gestion des équipes	30
III.1.6 Rationalisation de l'Entreprise	31
III.1.6.1 Utilisation du SIG pour gérer les données d'Entreprise	31
III.1.6.2 Déploiement accéléré de réseau	31
III.1.6.3 Avantage concurrentiel	31
III.2 Etat de l'art et les limites actuelle des SIG	31
III.2.1 Les caractéristiques d'un système d'information géographique	31
III.2.2 Les principales solutions du marché	32
Chapitre IV : La couverture des services mobiles	35
IV.1 Le déploiement des réseaux mobiles	35
IV.1.1 Les réseaux de deuxième génération	35
IV.1.2 Les réseaux de troisième génération	35
IV.1.3 Les réseaux de quatrième génération	35
IV.2 Réseaux, services et acheminement des communications	36
IV.3. La couverture mobile	37
IV.3.1. La définition de la couverture mobile	37
IV.3.2 Les notions de couverture des services mobiles	38
IV.3.3. La production de cartes géographiques représentant la couverture mobile	39
IV.3.4 Le calcul de taux de couverture à partir des cartes de couverture	40
Chapitre V : Etude de l'existant et Descriptif de l'application	41
V.1 Etudes de l'existant	41
V.2 Descriptif de l'application	41
V.2.1 Présentation d'ArcGis et Visual Studio	41
V.2.1.1 ArcGis	41
V.2.1.2 Visual Studio	42
V.3. L'application	42
V.3.1 Structuration des données	47
V.3.1.1 Modèle conceptuel	47
Conclusion	48
Bibliographie	49

Liste des figures

Figure1 : Claude Chappe	3
Figure2 : Le Télégraphe Optique	4
Figure3 : Samuel Morse	4
Figure 4 : Le télégraphe électrique de Morse	5
Figure 5 : Le Code de Morse	5
Figure 6 : Le Téléphone classique	6
Figure 7: Le Téléphone Mobile	7
Figure 8 : Guglielmo Marconi (1874 - 1937)	8
Figure 9 : faisceau hertzien	9

Figure 10 : Un système d'Information Géographique	17
Figure 11 : Fichiers d'export MIF/MID	20
Figure 12 : modèle raster	20
Figure 13 : Les objets de base en mode vecteur	22
Figure 14 : Données Attributaires	23
Figure 15 : Les 5 A	25
Figure 16 : Logiciel Qgis	32
Figure 17 : Logiciel Mapinfo	33
Figure 18 : Logiciel Arcgis	33
Figure 19 : Logiciel Grassgis	34
Figure 20 : Représentation De La Couverture Réseau	38
Figure 21 : Interface de l'application	42
Figure 22 : Administration	43
Figure 23 : Les Cités	43
Figure 24 : Détection des pannes	44
Figure 25 : Les relais	44
Figure 26 : Réseaux routiers	45
Figure 27 : Représentation de toutes les couches	45
Figure 28 : La ville de Mostaganem	46
Figure 29 : Les zones de couverture	46
Figure 30 : MCD	47

Introduction

Les réseaux de télécommunications sont de nos jours inévitables. Ce mode de communication à distance reste le plus privilégié actuellement dans le monde. De ce fait, l'arrêt même momentané de ce service (moyen de communication) perturbe fortement la diffusion de l'information. La qualité des réseaux de télécommunication est un élément essentiel de la compétitivité.

Le développement des réseaux de télécommunications nécessite des gestionnaires de télécommunications d'être effectivement en capacité d'assurer la couverture, la qualité et surtout la continuité de leur service. Plusieurs enjeux sont pris en compte dû aux collectivités et aux clients. Actuellement les enjeux business sont très forts chez ses différents opérateurs et le développement des activités commerciales mais également de rentabilité.

Dans le but d'analyser ces réseaux, d'anticiper les évolutions de ces services ou encore de prévoir la mise en place de nouvelles infrastructures, les sociétés de télécommunications qui visent avant tout à satisfaire la demande de leurs clientèles, ont régulièrement recours à des modélisations pour surveiller, analyser, faire des prévisions afin de faire face à plusieurs événements qui peuvent arriver notamment au domaine économique.

Les SIGs, qui sont des outils d'aide à la décision, vont permettre à de nombreuses infrastructures et sociétés de télécommunications (téléphonie par exemple) de connaître à tout moment l'état de leur réseau, la zone de couverture de leur service, de localiser les incidents et prévoir des interventions (acheminement d'équipes etc.). Sans parler d'un impératif commercial passant par la connaissance précise de la localisation de potentiels clients ou d'abonnés.

Le premier chapitre nous permettra de comprendre l'émergence des télécommunications, de tracer brièvement l'évolution des moyens de communication et des outils développés. Dans le second chapitre, nous présenterons le Système d'Information Géographique (SIG), ses différents composants et fonctionnalités. Le troisième chapitre sera consacré à l'application de SIG dans les réseaux de télécommunication et le quatrième chapitre parle de La couverture des services mobiles alors que le cinquième est consacré à l'étude de l'existant de Descriptif de l'application.

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

I.1 Présentation des télécommunications [6]

Les télécommunications sont aujourd'hui définies comme la transmission à distance d'informations avec des moyens électroniques. Elles se distinguent ainsi de la poste qui transmet des informations ou des objets sous forme physique.

Le mot « télécommunication » vient du préfixe grec «tele» signifiant «loin» et du latin «communicare» qui signifie « partager ». Le terme « télécommunication » a été utilisé pour la première fois en 1904 par Edouard Estaunié, romancier et Ingénieur français, dans son *Traité pratique de télécommunication électrique*. Edouard Estaunié, ingénieur aux Postes et Télégraphes et Directeur de 1901 à 1910 de l'école professionnelle des Postes et Télégraphes, qui ne tenaient alors compte que de l'électricité dans sa définition, souhaitait rassembler sous une même discipline la télégraphie, la téléphonie et les communications radio, tenant compte de l'évolution technologique par rapport aux moyens ordinaires de communication.

De nos jours, la télécommunication est caractérisée comme suit : « l'émission, transmission à distance et réception d'informations de toute nature par fil, radioélectricité, système optique ou électromagnétique ». Autrement dit, la télécommunication est d'abord et avant tout un échange d'information dans n'importe quel espace donné. La spécificité de la télécommunication, contrairement à une communication ordinaire, est que l'information est véhiculée à l'aide d'un support (matériel ou non), lui permettant d'être transmise sur de longues distances.

Les télécommunications ont donc un rôle unificateur entre les communautés et civilisations mondiales, puisqu'elles permettent de les mettre en contact, n'importe où et à tout moment. Ce phénomène est d'autant plus évident avec l'apparition, puis le développement, d'Internet et de ses nombreuses composantes - courrier électronique, world wide web, chat etc. Comme source inépuisable d'information, il démontre surtout que l'évolution des télécommunications est à mettre en parallèle avec une croissance et une rapidité toujours plus grande des échanges. Ajoutons enfin que les télécommunications ne sont pas considérées comme une science, mais comme des technologies et techniques appliquées.

I.2 Avant les télécommunications modernes [6]

Les premières traces d'un système de transmission des nouvelles sont relevées en Chine vers le XIII^{ème} siècle avant notre ère. En Grèce antique, de nombreux moyens de communication ont été imaginés pour informer au plus vite les dirigeants et les citoyens des menaces ou des résultats des guerres que menaient leurs armées.

Un mode courant de communication utilisé chez les Grecs était celui des messagers, qui parcouraient parfois des dizaines de kilomètres pour faire parvenir des informations cruciales à leurs destinataires. Certaines distances pouvaient ainsi être surmontées. Cependant, le temps qu'il fallait pour transmettre l'information restait un inconvénient majeur.

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

Un autre moyen très répandu chez les Grecs anciens était celui des signaux de feux, décrits entre autres par Homère et Thucydide dans leurs récits. Pour annoncer la bonne nouvelle, les messagers allumaient des feux qui, dans l'obscurité, étaient repérés à des kilomètres à la ronde. Ces feux étaient petit à petit relayés par d'autres postes jusqu'au destinataire final qui en allumait un dernier pour annoncer qu'il avait bien reçu le message.

Des signaux de feux étaient également utilisés à l'époque romaine. En effet, des « tours à feux » permettaient aux marins de se repérer à l'approche des côtes. Ces tours étaient alors un moyen de guider les marins. Les Romains créèrent ainsi un réseau de postes télégraphiques reliant 3.000 villes d'Europe et d'Asie. A l'époque d'Auguste (62 av J.-C. - 14 ap J.-C.), une organisation « postale » voit le jour. Celui-ci établit un réseau de voies militaires jalonnées de relais de chevaux et de magasins d'approvisionnement. Ce système appelé *cursum publicum* (course publique) permettait au cavalier de franchir plus rapidement les distances en changeant de cheval à chaque relais. Cette organisation disparaît avec la chute de l'empire romain au V^{ème} siècle.

Les Gaulois possédaient leur télégraphe « oral ». Ainsi comme le disait César: « Quand il arrive chez eux quelque événement d'importance, les premiers qui l'apprennent le proclament à grands cris dans la campagne. Ceux qui entendent ces cris les transmettent à d'autres, et ainsi de suite, de village en village; si bien que la nouvelle traverse la Gaule avec la vitesse de l'oiseau ».

I.3 Le début des télécommunications modernes [6]

I.3.1 L'invention du télégraphe

I.3.1.1 Le Télégraphe optique

L'ère des télécommunications telles qu'on les connaît aujourd'hui débute avec l'ancêtre de nos appareils modernes : le télégraphe. Le télégraphe optique d'abord, a été conçu par l'ingénieur français Claude Chappe et ses quatre frères en 1794, peu après la Révolution française. Il s'agissait d'une tour au sommet de laquelle un mât désarticulé émettait des signaux que le gouvernement utilisait pour communiquer des ordres à distance. Un réseau national a été créé en France, de sorte qu'il était possible de transmettre une information de Paris à Marseille en quelques heures. Malgré l'avantage de la confidentialité des messages diffusés, puisque seuls les interlocuteurs connaissaient les signaux. La complexité du réseau est vite devenue un obstacle majeur. En effet, il ne fallait pas moins d'un relais tous les 15 kilomètres. Enfin, le système ne pouvait par définition pas fonctionner de nuit ou par mauvaise visibilité.



Figure1 : Claude Chappe

Chapitre I : Histoire des télécommunications.



Figure2 : Le Télégraphe Optique

I.3.1.2 Le Télégraphe électrique

Le réel précurseur de nos appareils contemporains apparaît avec le développement de l'électricité. En 1832, l'idée d'un télégraphe électrique vient de Samuel Morse, qui invente en parallèle un alphabet propre à son utilisation: le fameux **code Morse**. Testé pour la première fois en 1837, le télégraphe diffuse son premier télégramme public sur la ligne Washington - Baltimore en 1844. Et le premier télégraphe transatlantique voit le jour en 1858, reliant Terre-Neuve à l'Irlande. Grâce à une circulation rapide de l'information et son accès élargi au grand public, le télégraphe électrique marque le début des télécommunications à l'échelle planétaire. Cette extension ne va pas sans poser des problèmes de coordination et la nécessité d'accords internationaux aboutit à la fondation, en 1865, de l'Union Télégraphique Internationale, ancêtre de l'actuelle Union Internationale des Télécommunications (UIT).

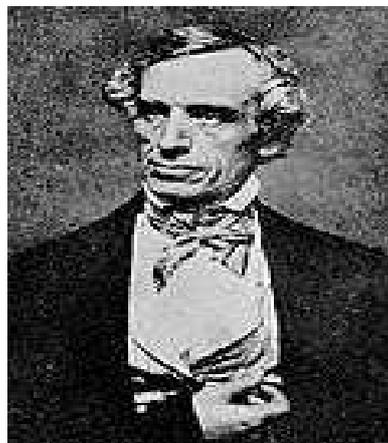


Figure3 : Samuel Morse

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

Le télégraphe électrique sera utilisé jusqu'aux années 1930, non sans subir plusieurs évolutions: le physicien Russe Alexandre Popoff pense ainsi à l'utilisation des ondes hertziennes découvertes quelques années auparavant par Heinrich Hertz pour créer la télégraphie sans fil, en 1896. L'ère de la radiocommunication est née, comme vont le prouver les travaux de l'ingénieur italien Guglielmo Marconi qui ont mené à l'invention de la radio.

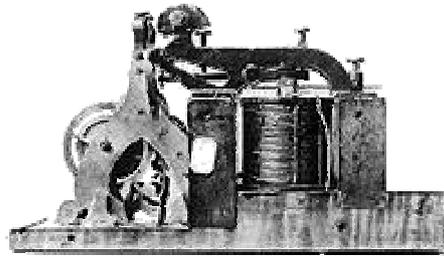


Figure 4 : Le télégraphe électrique de Morse.

A	..	N	--	0	-----
B	....	O	---	1	-----
C	....	P	....	2	-----
D	...	Q	----	3	-----
E	.	R	...	4	-----
F	....	S	...	5	-----
G	---	T	-	6	-----
H	....	U	..-	7	-----
I	..	V	....	8	-----
J	....	W	..-	9	-----
K	---	X	----	.	-----
L	....	Y	----	,	-----
M	--	Z	----	?	-----

erreur	.....
début de transmission	-----
fin de transmission	-----

Figure 5 : Le Code de Morse

Le code Morse, inventé en 1835 par Samuel Morse pour la télégraphie, est une combinaison de signaux longs et courts qui forment des mots, des chiffres et des signes de ponctuation. Son intérêt est de pouvoir être utilisé de différentes manières, via un signal radio permanent que l'on allume et éteint, une impulsion électrique à travers un câble télégraphique, un signal mécanique ou visuel (flash lumineux). Pour toutes ces raisons, ce code est devenu le langage officiel de communication dans le domaine maritime. Afin de rendre son emploi plus pratique, l'alphabet Morse assigne des signaux plus courts parallèlement à la fréquence de chaque lettre en anglais. Ainsi la lettre e, très fréquente, ne se traduit que d'un seul signal court. Parallèlement au code Morse, des codes commerciaux codant des phrases entières en un seul mot ont été créés pour raccourcir les temps de conversations. Le code Morse cesse officiellement de fonctionner le 1er février 1999, marquant ainsi la fin de la télégraphie sans fil (TSF). Il est remplacé par le système satellitaire de sauvetage international, GMDSS (Global Maritime Distress and Safety System).

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

I.3.2 L'invention du téléphone [6]

I.3.2.1 Le téléphone classique

Parallèlement à la télégraphie, les télécommunications connaissent au XIX^{ème} siècle une autre grande voie de développement avec le téléphone. Deux grands chercheurs s'opposent alors sur cette piste: Thomas Edison et Graham Bell. Ce dernier finit par l'emporter, mais Edison améliorera la qualité sonore de l'invention, grâce au microphone à cartouche de carbone.

En juillet 1875, Bell, accompagné de son assistant Thomas Watson, effectue la première transmission vocale par téléphone. Les deux compères se lancent alors dans une course à la qualité nécessaire à la commercialisation du produit, concurrencés en cela par un autre inventeur, Elisha Gray. Après une course effrénée, Bell et Watson purent déposer leur brevet le 14 février 1876, deux heures seulement avant Elisha Gray. C'est en juin 1876 que Bell lance officiellement son invention, après en avoir amélioré le dispositif initial. Ce dispositif, relativement simple à réaliser, fut publié en septembre de la même année dans le magazine américain Scientific American. Aux quatre coins du monde, des amateurs se mettent alors à créer leur propre téléphone.



Figure 6 : Le Téléphone classique

Les communications devaient à l'origine passer par l'intermédiaire d'opératrices, qui mettaient les deux interlocuteurs en relation. En 1891, Almon Strowger, entrepreneur de pompes funèbres, invente le commutateur automatique, persuadé que sa faillite provient des opératrices, l'une étant la femme de son principal concurrent. Cet apport, suivi de l'invention de la triode par Lee De Forest, marque les premiers pas vers l'électronique. En 1922, à la mort de Graham Bell, il y a alors 13 millions de téléphones en service dans le monde. A fin 2006, le nombre d'abonnés à une ligne fixe s'élevait à 1,27 milliards. Alors que les premiers réseaux se limitaient à une région, puis à un pays, avec la libéralisation du marché, les entreprises nationales de téléphonie dépassent aujourd'hui souvent les frontières de leur pays d'origine. Leur domaine d'activités s'est d'ailleurs depuis longtemps élargi aux nouvelles offres de télécommunications.

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

I.3.2.2 Le téléphone mobile

Le téléphone mobile est de nos jours un objet inséparable d'une très grande majorité d'individus, au point même de modifier nos relations sociales et notre organisation du temps. Apparu dans le grand public dès les années 1990, son origine remonte pourtant aux années 1940, avec la découverte de la technologie radio. Cependant, ce n'est qu'en 1973 que l'inventeur du téléphone portable, le docteur Martin Cooper, passe son premier appel par ce biais. Le qualificatif de mobile n'apparaît qu'avec le premier téléphone réellement miniaturisé, créé par la marque Motorola, en 1983.

En 1982, la Conférence européenne des administrations des postes et télécommunications (CEPT) lance le Groupe spécial mobile (GSM), chargé de développer un standard pour la téléphonie mobile en Europe. En 1987, 13 pays européens adoptent la convention qui lance le standard GSM (qui signifie cette fois Global System for Mobile communication). Cette technologie est utilisée aujourd'hui par plus de 3 milliards d'utilisateurs dans 212 pays et territoires.



Figure 7: Le Téléphone Mobile

I.3.3 L'invention des radiocommunications [6]

La radio doit son invention au physicien italien Guglielmo Marconi. Après plusieurs tests de transmission de signaux par le biais d'ondes électromagnétiques, il effectue, en 1895, la première transmission radio de l'histoire, à Salvan, en Valais. Alors que les scientifiques de l'époque prétendaient qu'une telle transmission entre deux points n'était possible que dans un espace dégagé de tout obstacle, Marconi, aidé de Maurice Gay-Balmaz, installe un émetteur et un récepteur distants de 1'500 mètres l'un de l'autre et séparés par une colline. Le succès est au rendez-vous, mais Marconi finit par s'exiler en Angleterre, son pays n'étant pas convaincu par l'utilité de sa découverte.

Chapitre I : Histoire des télécommunications.



Figure 8 : Guglielmo Marconi (1874 - 1937)

C'est là qu'il perfectionne son invention pour finalement créer en juillet 1897 la Wireless Telegraph Trading Signal CO. LTD, puis en novembre sa toute première station émettrice, qui établit une liaison de 23 kilomètres entre l'île de Wight et Bournemouth, sur la côte Sud. La conquête des distances est lancée : elle atteindra les 300 kilomètres le 23 janvier 1901, entre l'île de Wight et le cap Lizard en Cornouailles, puis deviendra transatlantique le 12 décembre de la même année. Les premières communications commerciales voient le jour et c'est dans le domaine maritime que l'invention de Marconi va connaître sa plus grande expansion.

Le développement du système de Marconi a suscité l'intérêt d'autres scientifiques et trois autres procédés ont pu être brevetés : Telefunken, Lee de Forest et United Wireless. La concurrence entre ces procédés, ainsi qu'entre les 15 compagnies de radiocommunication existantes à l'époque a pour conséquence que les opérateurs radio ont pour consigne de ne pas intercepter les messages provenant de la concurrence. La radio subit les impacts négatifs dus à son développement et à un manque de coordination universelle que le naufrage du Titanic a dévoilé au grand jour. Marconi reçoit le prix Nobel de physique en 1909 pour « sa contribution au développement de la télégraphie sans fil ».

I.3.4 Développement des liaisons à grande distance [2]

I.3.4.1 Réseau de lignes à grande distance par câbles (câbles coaxiaux)

Pendant la guerre, surtout en 1944, le réseau interurbain subit des dégâts importants. A la libération, on comptait 2000 coupures et, sur 130 centres principaux, 45 étaient entièrement détruits ou avaient leur gros œuvre fortement endommagé; les 85 autres avaient également subi des dégâts. Au début de cette période et jusqu'en 1948, la tâche du service des lignes à grande distance consista essentiellement à remettre en l'état l'ensemble de réseau. En ce qui concerne les câbles, il fallait rétablir leur continuité, reprendre leur « équilibrage » pour permettre la reprise de l'exploitation du réseau câblé.

Grâce au dévouement du personnel et à l'organisation méthodique des travaux, cinq mois après la libération de Paris, 90 % des circuits de 1939 étaient rétablis, mais la longueur totale de ces circuits ne représentait encore que 60 % de celle d'avant-guerre.

Mais l'événement le plus marquant de cette époque fut la mise en service du premier câble coaxial du réseau français. C'est à la veille de la guerre qu'avait été entreprise la pose d'un

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

câble coaxial de gros diamètre (5/18 mm), prévu pour 600 voies téléphoniques, sur l'itinéraire Paris – Toulouse – Bordeaux. Mais les hostilités entraînent l'arrêt des travaux; ce n'est qu'en 1947 que la première liaison Paris – Toulouse par câble coaxial sera effectivement mise en service.

I.3.4.2 Réseau de liaisons à grande distance par ondes radioélectriques (faisceaux hertziens)

Une première liaison par faisceau hertzien est mise en exploitation, en 1947, entre Calenzana, en Corse, et Grasse, sur la Côte d'Azur. A cause de la grande distance à couvrir (plus de 200 kilomètres) et d'une zone de non visibilité importante à franchir (50 kilomètres), les longueurs d'onde utilisées étaient relativement longues, de l'ordre de 3 mètres.

Une liaison plus importante est mise en service, entre Dijon et Strasbourg, à la fin de l'année 1951. Cette liaison comportait quatre stations: une station terminale au Mont Afrique, près de Dijon, deux stations relais, l'une à Montfaucon près de Besançon, l'autre au sommet du Grand Ballon de Guebwiller, à 1400 mètres d'altitude, et une station terminale à Strasbourg. La liaison Dijon-Strasbourg, fut inaugurée officiellement le 23 février 1952.

C'est également à la même époque, en 1951, qu'est installé, en France, le premier faisceau hertzien de télévision, mis en service par la Radiodiffusion–Télévision française, entre Paris et Lille. Mais le véritable point de départ du réseau de faisceaux hertziens français se situe en 1950, lorsqu'est décidé la réalisation, sur les principaux axes stratégiques partant de Paris, de faisceaux hertziens à grande capacité, en ondes centimétriques. Comme pour les câbles coaxiaux, le financement fut assuré en grande partie, à cette époque, par les crédits de l'OTAN¹. L'équipe de faisceaux hertziens du CNET² fut chargée des études et de la mise en exploitation des premières grandes liaisons. La première liaison expérimentale, réalisée avec ce système, dit GDH 101 (grande Distance Hertzien), fut établie et essayée en juin et juillet 1951.



Figure 9 : faisceau hertzien

¹ OTAN : Organisation du Traité de l'Atlantique Nord (alliance militaire défensive conclue en 1949 entre les états unis et certains pays européens destiné a assuré la paix et la stabilité en Europe)

² CENT : Centre National d'Etudes de Télécommunications (organisation française d'études et de recherches sur les télécommunications)

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

I.3.5 Naissance du réseau de télécommunications intercontinentales à partir des années 60 [2]

Les années 60 vont marquer un véritable tournant dans la technologie des télécommunications: les travaux des chercheurs et des ingénieurs permettront de renouveler entièrement les techniques dont disposaient jusqu'alors les services d'exploitation des réseaux de télécommunication

Deux faits essentiels sont à l'origine de cette profonde évolution:

- Le développement et le perfectionnement des dispositifs à semi-conducteurs, notamment après l'apparition des circuits intégrés en 1961.
- L'apparition de l'informatique, dont l'impact sera considérable dans le développement des réseaux de télécommunication au cours des années 60.

I.3.5.1 Les liaisons téléphoniques par câbles sous-marins

Les liaisons téléphoniques intercontinentales étaient assurées exclusivement, jusqu'au milieu de ce siècle, par le moyen des ondes hertziennes de courte longueur d'onde. Cependant, l'utilisation des seuls moyens radioélectriques ordinaires ne permit pas, pendant toute la première moitié du 20^{ème} siècle, un très grand développement des liaisons intercontinentales : les prix de la communication demeuraient élevés et le trafic était relativement réduit.

Au lendemain de la Seconde Guerre mondiale, l'American Telephone and Telegraph Company, l'AT&T, décide de se lancer dans la réalisation de liaisons téléphoniques intercontinentales par câbles sous-marins. En 1956 sera mise en service la première liaison téléphonique transatlantique, entre l'Ecosse et Terre-Neuve. Cette liaison (TAT I) est de 3.350 kilomètres.

A l'origine, la capacité de la liaison était de 36 communications simultanées. Plus tard, la capacité fut portée jusqu'à 80 communications simultanées. L'excellente qualité de services traduisit presque immédiatement par une augmentation très rapide du trafic transatlantique. Une seconde liaison (TAT II) fut mise en service entre la France et Terre-Neuve. La longueur de cette liaison était de 3 845 kilomètres.

Pendant que se développait ainsi la technique des grands câbles sous-marins intercontinentaux, la France, de son côté, grâce aux travaux conduits au Centre National d'Etudes des Télécommunications et dans l'industrie des télécommunications mettait au point une technique bien adaptée à des liaisons moins longues, comme celles de la Méditerranée. Un premier câble méditerranéen fut mis en service, par la France, entre Marseille et Alger, à la fin de 1957 et un autre, entre Perpignan et Oran, en janvier 1962.

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

I.3.5.2 Les télécommunications par satellite

En 1955, un chercheur américain des Bell Telephone Laboratories, J. R. Pierce, avait proposé dans un article intitulé « Orbit radio relay », paru dans la revue Jet-Propulsion, d'utiliser des satellites géostationnaires pour assurer des liaisons à très grande distance. Ce projet mit cependant une dizaine d'années à être réalisé : en effet, si le lancement du satellite soviétique Spoutnik I date de 1957, il faudra attendre, néanmoins, plusieurs années pour que soit résolue le problème des contraintes techniques liées à la mise sur orbite à très haute altitude d'une charge ayant une masse suffisante.

Toutefois, des expériences de lancement furent entreprises dès 1958 : les Etats-Unis lancèrent sur orbite basse le premier satellite de télécommunications, prénommé « Score » (Signal communication by orbiting relay equipment) ; il s'agissait en fait d'un relais à transmission différée, réémettant par télécommande un message reçu et enregistré antérieurement : un tel relais ne peut être intégré dans un réseau de télécommunications à transmission instantanée, mais il peut par contre être utilisé pour la collecte ou la diffusion de données, ainsi que pour certaines applications militaires. Le lancement du satellite « Courrier », en octobre 1970, permit d'expérimenter plus complètement cette technique de retransmission différée, qui assure une grande discrétion des communications; sans nul doute, un certain nombre de satellites militaires à mission secrète continuent à utiliser cette technique.

Depuis 1965, le développement des télécommunications par satellites a suivi pas à pas le développement des techniques de mise sur orbite et le perfectionnement des satellites et des stations terriennes. Comme dans le cas des câbles sous-marins, la course aux grandes capacités de trafic s'engagea très vite. De 240 communications téléphoniques (ou un canal de télévision) pour les satellites Intelsat I et II (1965 – 1967), on passa, avec la série Intelsat V (début des années 80) à 12 000 communications téléphoniques simultanées et 2 canaux de télévision. Cependant, le développement et le perfectionnement de la technique des télécommunications par satellites ne s'apprécient pas uniquement en fonction de critères quantitatifs. Par exemple, à partir de la génération *Intelsat II*, en 1967, il a été possible de disposer de ce qu'on appelle « l'accès multiple » qui permet à un groupe de stations terriennes d'être reliées deux à deux grâce à un seul satellite, alors qu'avec *Intelsat I*, seules, des liaisons point à point (un seul émetteur et un seul récepteur) étaient possibles.

I.3.5.3 Complémentarité des satellites et des câbles sous-marins

Le domaine d'application privilégié des télécommunications par satellites demeure, comme pour les câbles sous-marins, celui des grandes liaisons intercontinentales.

Ces deux grands systèmes de télécommunications, sont, assez complémentaires; ils permettent, en particulier, une diversification des acheminements qui garantit la sécurité d'écoulement du trafic international.

La capacité des liaisons par câbles sous-marins et par satellites a fait des progrès spectaculaires que l'on peut résumer ainsi. En 25 ans (1955 – 1980), la capacité des câbles

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

sous-marins a été multipliée par près de 100; en 15 ans (1965 – 1980), celle des satellites a été multipliée par 50. Mais l'augmentation de la capacité n'est qu'un aspect du problème : les économies d'échelle ont conduit, au plan économique, à un abaissement progressif très important du coût unitaire des circuits : pour les câbles sous-marins, le coût unitaire a été divisé par 15 entre 1955 et 1980 et, pour les satellites, par 6 entre 1965 et 1980.

L'évolution du trafic mondial durant les 25 dernières années (1980 – 2005) a vu un développement simultané des deux systèmes (satellites et fibres optiques). L'organisation *Intelsat* a vu son trafic intercontinental quadruplé en seulement 10 ans (1980 – 1990).

En outre, se sont multipliés les satellites « régionaux » (par exemple le réseau *Eutelsat* en Europe : en 1977, à l'initiative de la Direction Générale des Télécommunication française et de l'opérateur national allemand, les Européens se regroupent au sein d'*Eutelsat* qui aboutit à la mise en place, en 1983, du système *ECS*) et nationaux de télécommunications classiques (y compris de télévision), en particulier dans les pays où la géographie se prête mal à la mise en place de réseaux terrestres.

I.3.6 Evolution des systèmes de transmission du signal [1]

L'évolution des grands systèmes de transmission est-elle terminée? Certainement pas, car, d'une part le rythme de croissance du trafic téléphonique se maintient, même dans les pays les plus développés, et, d'autre part, de nouveaux types de trafic apparaissent, notamment en matière de transmissions de données et de transmissions d'images. C'est pourquoi la plupart des grands pays industriels poursuivent des recherches et des expériences sur de nouveaux systèmes de transmission à grande largeur de bande et à faible coût de revient.

I.3.6.1 Les liaisons par fibres optiques

A peine la technologie de transmission basée sur les guides d'ondes électromagnétiques commençait-elle à sortir de sa phase purement expérimentale, que les techniciens des télécommunications cherchèrent à mettre au point un nouveau procédé de transmission entièrement différent basé sur l'utilisation d'ondes porteuses de fréquences encore plus élevées, c'est-à-dire d'ondes lumineuses, émises par des sources utilisant l'effet « laser ». Ces ondes, modulées par les signaux à transmettre, se propagent à l'intérieur de fibres optiques jouant, en quelque sorte, le rôle de « guides de lumière ».

Depuis le milieu des années 60, de nombreux laboratoires poursuivaient des recherches sur la lumière cohérente, sur les dispositifs électroluminescents et sur le guidage de la lumière. Rappelons à ce propos que l'invention du « laser » (abréviation de Light Amplification by Stimulated Emission of Radiation) remonte à 1961, bien que le principe en ait été déjà exposé par H. Townes et A. L. Schawlow en 1958.

En dix ans seulement (1965 – 1975), la technologie et la technique des fibres optiques vont faire d'étonnants progrès. En particulier, on parviendra à réduire considérablement les pertes subies sur les lignes; l'affaiblissement kilométrique deviendra du même ordre que celui du guide d'ondes radio. Quant à la capacité de transmission, elle sera très élevée. La Direction

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

générale des télécommunications décide de passer à la phase industrielle. Une première liaison par fibre optique est commandée à l'industrie française : elle sera installée et mise en service, en août 1980, sur un parcours d'une longueur de 7,2 kilomètres entre deux centraux téléphoniques parisiens. Le projet le plus important est celui de l'AT&T: il s'agit de la première phase d'un vaste réseau de liaisons par fibres optiques s'étendant sur un millier de kilomètres et destiné à relier Washington à Cambridge (Massachusetts). Cette première liaison à grande distance par fibres optiques sera mise en service en 1983.

Il est certain que les liaisons par fibres optiques, grâce aux vastes disponibilités en largeur de bande qu'elles procurent, ont favorisés le développement de ces nouveaux types de service depuis le milieu des années 90. On emploie d'ailleurs souvent le terme de « vidéomatique » pour parler de tous ces services, car ils débordent largement du cadre de la « télématique » proprement dite. Ce scénario avait déjà été envisagé par Albert Glowinski dans son ouvrage intitulé: Télécommunications – Objectif 2000.

I.3.6.2 Les systèmes de transmissions multiplex

Un autre fait, au moins aussi important en termes de transmission, est l'apparition d'un nouveau procédé de groupement, ou « multiplexage », des voies sur une même artère. Ce nouveau procédé est basé, non plus sur la répartition des communications dans l'échelle des fréquences, comme dans les systèmes à courants porteurs, mais sur leur répartition dans le temps. On a donc affaire à un système « temporel ».

C'est à la veille de la Seconde Guerre mondiale que les questions de modulation par impulsions et de multiplexage dans le temps commencent à faire l'objet d'études théoriques et de réalisations expérimentales. Différents systèmes furent réalisés à l'époque par l'industrie française. C'est le progrès de l'électronique qui permettra aux systèmes de multiplexage dans le temps, couramment appelés « systèmes Multiplex » de prendre leur véritable essor au début des années 60.

Ce sera dans le domaine des liaisons à courte distance que seront utilisés en premier ces nouveaux systèmes multiplex. Un problème se posait en effet dans les grandes agglomérations urbaines, celui de la saturation des câbles entre centraux. Afin d'éviter l'installation de nouveaux câbles et surtout celle de nouvelles canalisations dans les rues, il fallait augmenter la capacité des artères existantes. La « modulation par impulsions et codage » (MIC), c'est-à-dire le codage numérique de l'information sous forme binaire (« 0 » ou « 1 »), allait apporter une très bonne solution technique et économique à ce problème

I.4 Avantages et Inconvénients des réseaux de télécommunications [5]

Les communication électroniques ou télécommunications sont une alternative efficace aux communications face-à-face. Elles sont omniprésentes dans les relations humaines et révolutionnent la manière dont l'homme travaille. Les communications électroniques relèvent deux grands défis de l'humanité : temps et distance. Ces technologies sont-elles seulement bénéfiques pour l'homme ?

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

I.4.1 Les avantages

- **Transmission rapide**

Seules quelques secondes suffisent pour communiquer à travers les moyens électroniques. Les auditeurs écoutent les émissions radiophoniques quasi instantanément. Les conversations téléphoniques se déroulent en temps réel. Dans certains cas, la transmission des signaux se fait à la vitesse de la lumière.

- **Grande couverture**

Le monde devient un village global grâce aux communications électroniques. Un site d'émission peut permettre de couvrir tout un pays. Les ondes d'une station de radio peuvent dépasser des centaines de kilomètres. Un satellite géostationnaire peut couvrir un tiers de la surface de la terre.

- **Communication multimédia**

En plus de communiquer par des sons à travers la radio et les systèmes téléphoniques, les consommateurs peuvent également échanger des images, vidéos et des textes. Certains types de communications permettent de communiquer simultanément par son, image, vidéo et texte.

- **Bas prix**

Les communications électroniques permettent d'économiser le temps et l'argent. Un appel téléphonique est moins coûteux que le coût de transport pour une rencontre physique. Il y a également le temps du transport qui est épargné. Un SMS ou un message textuel coûtent moins chers qu'une lettre traditionnelle envoyée par la poste.

- **Echange de feedback**

Les communications électroniques permettent l'échange instantané de feedback. Cette capacité anime les échanges et rend cette forme de communication adaptée aux situations d'urgence.

- **Travail à distance**

Les communications permettent de travailler à distance. De nombreux managers peuvent facilement gérer les opérations des entreprises à travers le monde via les systèmes de télécommunications. Les communications mobiles et les vidéoconférences sont des outils très utiles dans ce cadre.

Certains employés travaillent depuis chez eux et utilisent les communications électroniques pour transmettre leur travail à leurs employeurs.

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

- **Stockage à long terme et accès facile**

Les messages échangés peuvent être stockés de différentes manières : disques, bande magnétique. Ils peuvent être imprimés pour être conservés. Les utilisateurs peuvent désormais accéder à toutes sortes d'information grâce au fait qu'ils peuvent être stockés sur un support et disponibles quelque part. Cette capacité est ce qui donne un sens à la recherche sur internet en particulier.

- **Mobilité**

Des dispositions comme le téléphone cellulaire et les ordinateurs portatifs permettent aux gens de rester en contact en tout temps. Ceci permet de travailler et de se connecter dans des espaces publics tels que : les terrains, les cafés. Cette possibilité encourage la productivité.

I.4.2 Les inconvénients

- **Sécurité des échanges électroniques**

Les messages envoyés électroniquement peuvent être modifiés. Certaines fois, des personnes malveillantes peuvent envoyer des virus, des vers par courrier électronique. Les communications électroniques peuvent rendre les utilisateurs vulnérables faces aux cybers attaques venant des criminels opérant en ligne et peuvent être une menace physique, particulièrement pour les enfants, comme les espaces de bavardage attirent les prédateurs qui cherchent les informations personnelles. Ces moyens de communication moderne exposent les enfants aux images pornographiques.

- **Dépendance**

Un certain niveau d'utilisation des technologies de l'information et de la communication peut déboucher sur une dépendance. Le cyber addiction a de très mauvaises conséquences sur la santé et les activités professionnelles des utilisateurs des applications technologiques.

- **Perte de confidentialité**

L'interception des communications électroniques devient une menace pour les utilisateurs. Un courrier électronique qui est envoyé sous forme de paquet de données transite à travers un réseau d'ordinateurs. Ce message électronique doit passer à travers des routeurs, des ordinateurs avant qu'il atteigne la destination. Ainsi, il existe des possibilités d'interception du message avant que le destinataire indiqué le reçoive.

Chapitre I : Histoire des télécommunications.

- **Authenticité douteuse**

Quand les paquets de données sont transférés d'un ordinateur à un autre, ils peuvent être perdus quand un routeur les transfère à un autre. Si le routeur est surchargé, le destinataire devra attendre davantage. Si l'en-tête est modifié, l'authenticité du message est mise en doute.

Aujourd'hui plus 7 milliards de personnes dans le monde utilisent au moins une forme de communications électroniques. L'exploitation des communications électroniques permet de gérer les relations humaines et d'optimiser l'utilisation du temps. Les avantages offerts par les TIC³ rendent certaines personnes dépendantes. D'autres réfléchissent mûrement avant d'exploiter une application spécifique en raison des inconvénients.

³ TIC : Technologie de l'Information et de la Communication.

Chapitre II : Système d'Information Géographique.

II.1 Définition [10]

Un système d'Information Géographique est un outil informatique permettant de représenter et d'analyser toutes les choses qui existent sur terre ainsi que tous les événements qui s'y produisent.

Les SIG offrent toutes les possibilités des bases de données (telles que requêtes et analyses statistiques) et ce, au travers d'une visualisation unique et [d'analyse géographique](#) propres aux cartes. Ces capacités spécifiques font du [SIG un outil unique](#), accessible à un public très large et s'adressant à une [très grande variété d'applications](#). Les enjeux majeurs auxquels nous avons à faire face aujourd'hui ([environnement](#), démographie, [santé publique](#)...) ont tous un lien étroit avec la géographie.

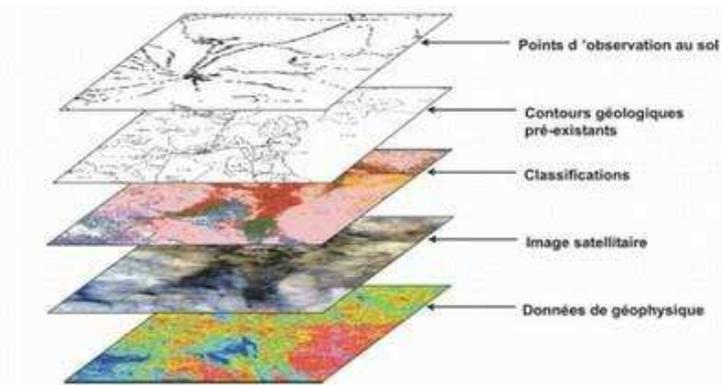


Figure 10 : Un système d'Information Géographique

De nombreux autres 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 aussi directement concernés par la puissance des SIG pour [créer des cartes](#), pour intégrer tout type d'information, pour mieux visualiser les différents scénarios, pour mieux présenter les idées et pour mieux appréhender l'étendue des solutions possibles.

II.2 Les composants d'un SIG [9]

Un SIG possède cinq composantes principales : le matériel, les données, les utilisateurs, les logiciels et les méthodes.

- **Le matériel**

L'utilisation d'un SIG requiert l'utilisation d'un ou de plusieurs ordinateurs qu'ils soient autonomes ou en réseaux. De plus, on trouve aujourd'hui de plus en plus de systèmes client-serveur qui proposent des solutions de diffusion de cartes sur le web à partir duquel le client peut directement faire des requêtes.

Chapitre II : Système d'Information Géographique.

- **Les données**

Les données sont indispensables au SIG. Elles peuvent être de trois types : géographiques, attributaires ou métadonnées.

Les données géographiques sont des données localisées auxquelles on associe une forme et des paramètres d'affichage (couleur, épaisseur du trait...). Elles peuvent être de type raster ou vecteur. Les données attributaires caractérisent les données géographiques (nom d'une route, nombre d'habitants dans un immeuble localisé, ...). Les métadonnées décrivent directement la ressource c'est-à-dire ici les données, ce sont « les données sur les données » comme par exemple la date d'acquisition, le nom du propriétaire, etc.

- **Les utilisateurs**

Les SIG s'adressent à des utilisateurs très différents (urbanistes, géographes, élus, militaires, commerciaux, informaticiens...) et aujourd'hui, en particulier avec l'apparition des SIG sur Internet n'importe qui peut être amené à utiliser un SIG.

- **Les logiciels**

Les logiciels font le lien entre les données, le matériel et les utilisateurs. A partir d'une interface graphique, l'utilisateur va interroger une base de données afin de visualiser et d'analyser ces différentes informations.

- **Les méthodes**

Différentes compétences techniques sont indispensables à la mise en œuvre et à l'exploitation des SIG comme par exemple des connaissances en géodésie, en analyse des données, en sémiologie graphique ou encore en traitement informatique.

II.3 Les formats connus et propriétaires de données géographiques

II.3.1 Le format graphe [2]

Ce type de format existe depuis une trentaine d'années, et est utilisé dans de nombreux domaines comme la Géomatique (sous SIG), en Architecture (sous Autocad), ainsi qu'en Mathématique (Topologie).

Les fichiers au format GRAPHE contiennent la description géographique du graphe des rues en milieu urbain. Ces graphes sont constitués d'un ensemble de sommets (carrefours, ou points particuliers des rues) et d'arcs qui les relient (représentant les rues en milieu urbain). Les graphes sont non orientés : l'arc reliant le sommet s_1 au sommet s_2 est le même que celui reliant s_2 à s_1 .

Les graphes de rues sont principalement utilisés pour les études de propagation radio pour la téléphonie mobile en milieu micro cellulaire urbain.

Chapitre II : Système d'Information Géographique.

II.3.2 Les formats propriétaires et d'Echange [4]

Dans la famille des formats de données SIG, il faut distinguer plusieurs types de format de données. Premièrement, il y a des formats dits « propriétaires », c'est-à-dire que ce sont les formats de données propres aux SIG qui servent de base de travail. Le tableau suivant répertorie les différents formats des principaux SIG du commerce. La plupart des formats propriétaires sont au format binaire.

Logiciels	Formats propriétaires	Formats d'export
ArcView	.shp, .shx, .dbf, .cov	.shp, .E00
MapInfo	.tab, .dat, .map, .ind	.MIF, .MID
AutoCAD map 3D	.dwg	.dxf
MicroStation	.dgn	
Apic	.asc	.asc
...		

Tableau 1 : Les logiciels et formats propriétaires/export

L'intérêt des éditeurs à préserver leurs formats sont multiples :

- Premièrement de promouvoir l'utilisation de leurs gamme de produits ;
- Deuxièmement, maintenir leurs clients ;
- Enfin, intégrer leurs savoirs sur un support.

Certains SIG proposent un format d'export de leurs données afin que celles-ci soient utilisées sur d'autres plateformes. Ces formats sont en général simples à comprendre et leurs structures sont largement documentées afin d'en faciliter l'usage. Ces formats sont donc souvent choisis codés en ASCII. Là encore on parle de format propriétaire.

Nous prenons l'exemple des fichiers MIF, MID qui sont les formats d'export des données MapInfo. Les formats de travail dans l'environnement MapInfo sont tout autres et sont les .tab, .dat, .map, .ind.

Les formats MIF et MID sont complémentaires et décrivent une couche de données. Le fichier MIF contient le système de projection, la structure de la table attributaire et les coordonnées des objets (donc la géométrie). Le fichier MID, quant à lui, contient les enregistrements des attributs.

Chapitre II : Système d'Information Géographique.

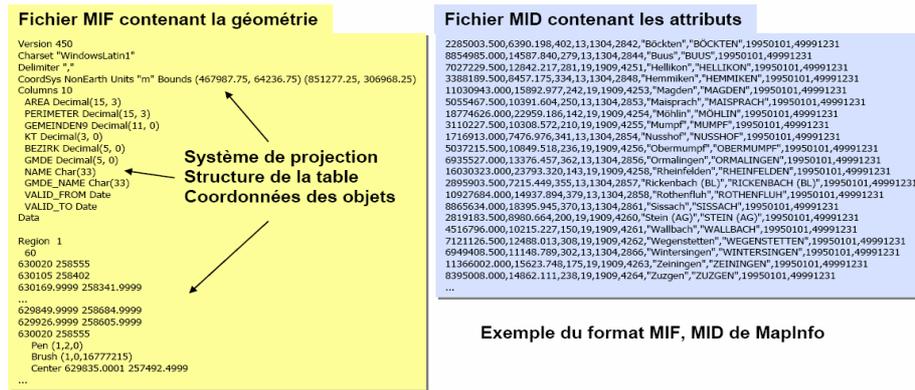


Figure 11 : Fichiers d'export MIF/MID

En plus de fournir un format d'échange propre à l'éditeur, certains SIG proposent aussi d'exporter leurs données suivant des formats concurrents.

II.3.3 Types de structures données géographiques

II.3.3.1 Les données raster [7]

Composé d'une matrice de pixels arrangés en lignes et colonnes pour ainsi former une grille, un raster (en français : Image matricielle) permet de représenter, avec une relative précision, un ensemble d'informations. Les rasters peuvent avoir plusieurs origines, photographies aériennes numériques ou encore images satellites et numériques.

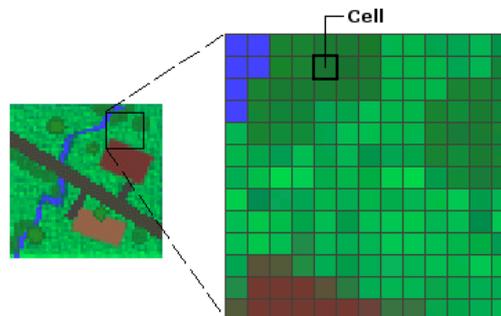


Figure 12 : modèle raster

Pour les rasters utilisés dans les SIG, les jeux de données peuvent prendre trois formes. Ils peuvent être thématiques, dans ce cas ils représenteront des données de sol, ils peuvent être continus, ils représenteront alors les événements tel que la température ou la vitesse du vent ou encore prendre la forme d'images satellite, enfin, ils peuvent aussi être composés d'images tels que des cartes ou des dessins numérisés. Ces ensembles de données raster (raster dataset) peuvent être apposés les uns sur les autres pour pouvoir avoir une vue globale de l'environnement étudié.

Un fichier d'images raster (raster file) est généralement plus volumineux qu'un fichier d'images vectorielles. De plus un fichier raster sera sensiblement plus compliqué à modifier sans pertes d'informations, même si certains logiciels, appelés raster editor, permettent de

Chapitre II : Système d'Information Géographique.

convertir un fichier raster en un fichier vectoriel afin d'y apporter des précisions et des changements. Les extensions des rasters (raster extension) sont la plupart du temps de type BMP, TIFF, GIF ou JPEG.

II.3.3.1.1 Avantages des données raster (raster data)

La localisation géographique de chaque cellule est sous-entendue par sa position dans la matrice de cellule, ce qui implique que, mise à part le point d'origine, aucune coordonnée géographique n'est stockée. Grâce à la nature du type de stockage de ce type de données, l'analyse de ces dernières est généralement facilement programmable et rapide à effectuer. La nature inhérente des cartes raster est idéalement adaptée à la construction de modèles mathématiques et aux analyses quantitatives. Les données discrètes, telles que les forêts, sont aussi bien traitées que les données continues, telles que les données d'élévation du sol, ce qui facilite l'intégration de ces deux types de données.

II.3.3.1.2 Inconvénients des données raster

La taille de la cellule détermine la résolution à laquelle la donnée sera représentée ; ce qui rendra potentiellement fastidieuse la représentation de caractéristiques linéaires, en fonction de la résolution de cellule choisie. De fait, les liaisons entre les différents réseaux sont compliquées à établir. Le traitement d'associations de données d'attribut peut être lourd si le nombre de données existantes est élevé. Par définition, une carte raster ne pourra représenter qu'un seul attribut ou caractéristique par cellule. Comme la majorité des données d'entrée sont sous format vectoriel, ces données devront subir une conversion vector-to raster. En plus de l'augmentation des besoins en puissance de traitement, cette conversion peut potentiellement révéler des problèmes d'intégrité des données, principalement dues à la généralisation de celles-ci ainsi qu'au choix d'une taille de cellule inappropriée.

II.3.3.2 Les données vectorielles

Dans les données vectorielles, les informations sont regroupées sous la forme de coordonnées x, y. Ils sont constitués de trois types d'entités : point, ligne, polygone.

Les objets de type ponctuel sont dans ce cas représentés par un simple point. Les objets linéaires (routes, fleuves...) sont eux représentés par une succession de coordonnées x, y. Les objets polygonaux (territoire géographique, parcelle...) sont, quant à eux, représentés par une succession de coordonnées délimitant une surface fermées.

Chapitre II : Système d'Information Géographique.

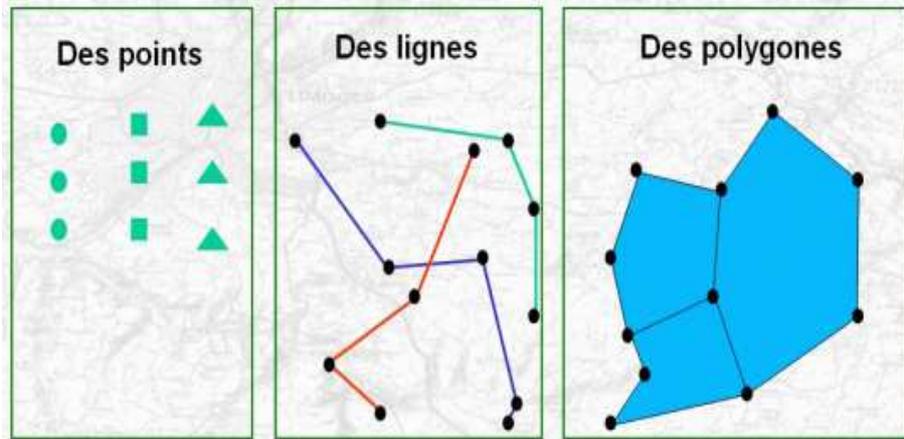


Figure 13 : Les objets de base en mode vecteur

Le modèle vectoriel est particulièrement utilisé pour représenter des données discrètes.

Les données vectorielles traitant les objets géographiques individuellement, c'est ce type de données qui va principalement servir pour la réalisation de cartographies statistiques. Elles permettent en effet d'individualiser des secteurs géographiques et d'y associer des attributs quantitatifs.

II.3.3.2.1 Avantages des données vectorielles (vectorial data) [7]

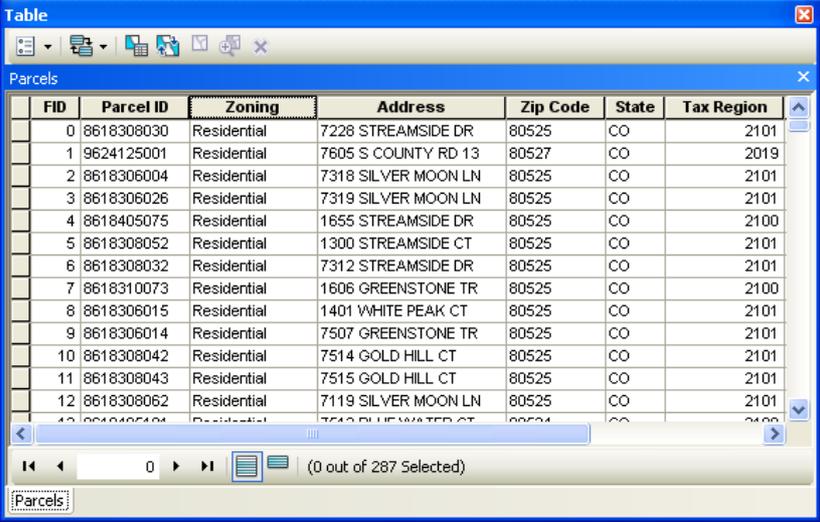
Ce type de donnée peut être représenté dans sa résolution et sa forme originelle sans généralisation. Ainsi, la représentation graphique est généralement plus esthétique que pour un raster. Comme la grande majorité des cartes en version papier sont sous forme vectorielle, aucune conversion n'est requise. La précision géographique des données est maintenue. De plus, comme l'encodage de la typologie est très efficace, les opérations qui nécessitent des informations topologiques, comme les analyses de réseaux, sont beaucoup plus efficaces, elles aussi.

II.3.3.2.2 Inconvénients des données vectorielles [7]

Afin de faire des analyses efficaces, les données vectorielles doivent être converties sous une structure topologique, ce qui entraîne un traitement intensif des données et l'obligation de nettoyer celles-ci au cas par cas. De plus, la topologie étant statique, chaque modification d'une donnée vectorielle (vector data) exige une reconstruction de la topologie. Les algorithmes de manipulation et d'analyse sont complexes à utiliser et demandent une puissance de traitement élevée, résultant souvent dans une limitation inhérente des fonctionnalités pour de grands ensembles de données. Ensuite, les données de type élévation du sol ne sont pas représentées aussi efficacement qu'avec un raster. Enfin, l'analyse spatiale et l'utilisation de filtre polygonaux est impossible.

II.3.3.3 Les données attributaires [2]

On range dans cette classe les données qui ne sont pas des données géographiques, ne sont pas géolocalisées (en X, Y, voir Z), mais sont des attributs d'autres données qui elles sont des données géographiques. Elles sont identifiées par leur nom, comme par exemple la colonne « Area » (la surface bâtie) dans le tableau attributaire de la couche d'information géographique provenant de la base de données Topo de l'IGN⁴.



FID	Parcel ID	Zoning	Address	Zip Code	State	Tax Region
0	8618308030	Residential	7228 STREAMSIDE DR	80525	CO	2101
1	9624125001	Residential	7605 S COUNTY RD 13	80527	CO	2019
2	8618306004	Residential	7318 SILVER MOON LN	80525	CO	2101
3	8618306026	Residential	7319 SILVER MOON LN	80525	CO	2101
4	8618405075	Residential	1655 STREAMSIDE DR	80525	CO	2100
5	8618308052	Residential	1300 STREAMSIDE CT	80525	CO	2101
6	8618308032	Residential	7312 STREAMSIDE DR	80525	CO	2101
7	8618310073	Residential	1606 GREENSTONE TR	80525	CO	2100
8	8618306015	Residential	1401 WHITE PEAK CT	80525	CO	2101
9	8618306014	Residential	7507 GREENSTONE TR	80525	CO	2101
10	8618308042	Residential	7514 GOLD HILL CT	80525	CO	2101
11	8618308043	Residential	7515 GOLD HILL CT	80525	CO	2101
12	8618308062	Residential	7119 SILVER MOON LN	80525	CO	2101
13	8618308064	Residential	7512 BLUE WATER CT	80524	CO	2100

Figure 14 : Données Attributaires

Les informations tabulaires constituent la base des entités géographiques et vous permettent d'afficher, d'interroger et d'analyser vos données. Pour résumer, les tables sont composées de lignes et de colonnes, et toutes les lignes ont les mêmes colonnes. Les lignes représentent des enregistrements, et les colonnes des champs. Chaque champ permet de stocker un type spécifique de données, par exemple un nombre, une date ou un texte.

- **Sources d'informations tabulaires**

Il existe de nombreuses sources de données tabulaires et les logiciels de SIG prennent en charge de nombreux formats. Les informations tabulaires peuvent être stockées sous forme de tables dans des dossiers, de bases de données, de fichiers texte, des requêtes dans des bases de données, etc. En outre, si vous utilisez des données spatiales, vous disposez probablement déjà d'attributs tabulaires décrivant ces entités géographiques.

⁴ IGN : Institut Géographique National (établissement public national français chargé des représentations cartographiques officielles)

Chapitre II : Système d'Information Géographique.

Les fichiers de tables sont stockés dans des dossiers sur le disque. Voici quelques exemples de sources d'informations tabulaires :

- [tables dBASE](#), format utilisé par les fichiers de formes,
- [INFO](#), format utilisé par les couvertures,
- fichiers texte, comme ceux créés dans un éditeur de texte et délimités par des virgules ou des tabulations,
- de nombreuses tables d'autres types, y compris celles générées dans d'autres programmes, tels que [Microsoft Excel](#), accessibles directement dans ArcGIS ou via la fonctionnalité OLE DB.

Les tables vous permettent de cartographier et visualiser vos données. Par exemple, vous pouvez [classer](#) ou [catégoriser des attributs](#) pour symboliser une couche. Vous pouvez utiliser des valeurs de population pour symboliser des grandes villes à l'aide d'un symbole plus grand que celui utilisé pour les villes plus petites et les villages. Vous pouvez également utiliser une couleur différente pour représenter chaque type d'occupation du sol d'une couche de parcelles. En outre, vous pouvez utiliser des valeurs attributaires pour [créer un texte afin d'étiqueter chaque entité parcelle](#).

II.4 Sources de données

- **Données primaires**

Données obtenues par topographie, mesures directes sur le terrain ou par télédétection dont la source est levés topographiques, Théodolite, GPS⁵, Photos aériennes et satellitaires, capteur analogique, numérique et ça peut aussi être un couplage d'instrument de mesure (photogrammétrie, GPS, géomètre).

- **Données dérivées**

Données extraites de cartes, statistiques, enquêtes ou autres recueils de données existant :

- Import numérique (Bases de données externes, Organismes d'état : INCT⁶, Cadastre, Sociétés privées)
- Sous-traitance externe
- Document papier : numérisation interne

⁵GPS : Global Positioning System (dispositif embarqué permettant de donner sa position grâce à la triangulation d'informations fournies par 24 satellites de type Navsta.

⁶ INCT : Institut National de Cartographie et de Télédétection.

II.5 Les fonctionnalités d'un SIG [3]

On peut rapidement décrire les fonctions attendues d'un SIG, la littérature dans le domaine évoque les 5 A d'un SIG.

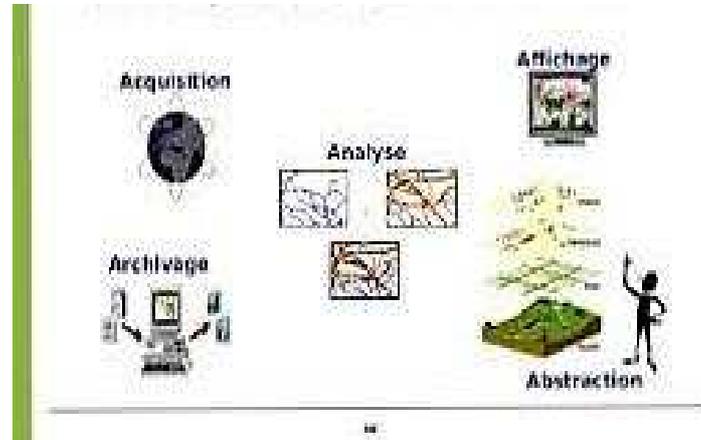


Figure 15 : Les 5 A

- **Abstraction**

L'abstraction consiste à modéliser le problème afin de le rendre compréhensible par le plus grand nombre possible, de faciliter sa conception ultérieure et de s'assurer de respecter certaines normes de conception. Cette partie concerne plus particulièrement le système de gestion de base de données (SGBD).

Différents modèles peuvent être adoptés comme les diagrammes Entités-Associations ou les diagrammes physiques de base de données. On peut également utiliser les diagrammes SADT⁷,

Merise ou UML⁸.

- **Acquisition**

L'acquisition concerne la récupération et la création des données. Il existe différentes sources d'acquisition : les organismes nationaux et internationaux, les producteurs locaux, les collectivités territoriales, les géomètres, la numérisation des cadastres ou encore la localisation du patrimoine.

Il existe différentes techniques d'acquisition (numérisation, télédétection, acquisition manuelle...) permettant d'intégrer les données selon quatre modes différents : le mode raster, le mode vecteur, le mode TIN⁹ et le mode MNT¹⁰.

⁷SADT: Structured Analysis and Design Technics.

⁸ UML: Unified Modeling Language.

⁹ TIN: Triangulated Irregular Network (Réseau Triangulé irrégulier).

¹⁰ MNT : Modèle Numérique de Terrain.

Chapitre II : Système d'Information Géographique.

- **Analyse**

L'analyse spatiale se distingue selon qu'elle se base sur des données sémantiques ou des données géométriques.

L'analyse spatiale sémantique repose sur l'étude, par des requêtes ou des calculs, de données alphanumériques afin de décrire qualitativement ou quantitativement certaines caractéristiques d'une région. Cette description se fait souvent de manière cartographique et elle se doit de respecter les règles de sémiologies graphiques.

Les données qualitatives non ordonnées sont représentées par des couleurs différentes, des formes, des différences de texture ou d'orientation. Les données qualitatives ordonnées ou quantitatives relatives sont représentées par un dégradé d'une seule et même couleurs ou l'affichage de valeurs. Les données quantitatives absolues sont représentées par une variation de taille.

L'analyse spatiale géométrique est l'étude des formes, des positions et des relations entre les objets comme le calcul de distances, d'intersections ou d'exclusions par exemple. Il est alors possible de travailler sur la topologie. Ces analyses sont possibles grâce aux différentes fonctionnalités que proposent les logiciels de SIG.

- **Archivage**

L'archivage permet de stocker les informations de manière réfléchie afin d'y accéder le plus rapidement possible. Pour les données alphanumériques, le stockage peut être réalisé grâce aux différents systèmes de gestion de base de données selon le modèle abstrait prédéfini. Néanmoins, une grande partie des informations sémantiques est encore contenue dans des fichiers plats c'est-à-dire des fichiers textes structurés.

Pour les images, il existe une multitude de formats de stockage qui comprennent ou non les données sémantiques.

L'ensemble des formats d'archivage de données spatiales sera étudié dans la prochaine partie.

Chapitre II : Système d'Information Géographique.

- **Affichage**

L'affichage peut se faire sur différents supports. La plupart du temps, le SIG installé sur une machine fixe est capable de lire un ou plusieurs formats d'images et de manipuler des bases de données afin d'afficher sur l'écran les informations voulues.

Aujourd'hui, il devient possible de ne plus installer le logiciel directement sur sa machine et de réaliser ses requêtes et l'affichage des résultats directement par Internet.

Que ce soit directement sur l'ordinateur ou par internet, l'affichage ne peut se faire que sur une machine capable d'intégrer ces logiciels et ces outils assez coûteux en mémoire. Il est possible d'imprimer sur papier ou en PDF l'affichage cartographique mais le principe des diverses couches est perdu et le rendu est souvent très médiocre. Le GeoPDF s'inscrit dans ce contexte comme un nouveau format d'affichage et de diffusion des données géographiques peu coûteux en mémoire, facile à charger et à utiliser et, respectant les différentes couches d'informations. L'entreprise TerraGo a d'ailleurs déjà mis au point des outils de génération de documents GeoPDF dans un logiciel SIG.

Chapitre III : SIG et Réseaux de Télécommunications.

III.1 L'apport d'un SIG dans les réseaux de Télécommunications [8]

Le SIG offre aux sociétés de télécommunications un éventail de solutions qui permettent l'analyse des relations entre la couverture des services, l'édition de résultats de tests, la gestion des dossiers d'incidents, le suivi des requêtes clients et, d'une façon plus générale, tout le reporting de l'entreprise.

Que ce soit pour la phase de conception, de déploiement, d'exploitation, de maintenance ou encore d'évolution de réseau, le SIG est un outil d'aide à la décision précis de complet.

La technologie SIG permet aux professionnels des télécommunications d'intégrer des données géolocalisées dans des processus d'analyse, de gestion de la planification des opérations de réseau, mais aussi de marketing et des ventes, de support au service clientèle, de gestion des données et encore de nombreuses autres tâches de planification et de résolution des problèmes. Un SIG peut intégrer des données géographiques et à fluidifier les tâches quotidiennes.

En augmentant l'efficacité de vos actions, les outils du SIG vous aident à conserver l'avantage dans un marché de plus en plus concurrentiel. Il établit une plate-forme commune qui améliore la circulation de l'information et augmente considérablement la communication interne et la collaboration.

Le SIG peut vous aider à être plus efficace dans les actions de :

- Planification de réseaux
- L'ingénierie et la construction
- Marketing ;
- Vente (Chiffre d'affaires) ;
- Service client et de gestion des équipes.

III.1.1 Planification de réseaux

L'évolution et l'extension d'un réseau ainsi que le déploiement de ses services sont coûteux, il est donc important de faire des choix qui donnent un retour sur investissement significatif.

L'analyse spatiale permet de localiser des revenus à forts potentiels afin de concevoir l'expansion des réseaux et leur évolution. Le SIG permet de combiner des informations démographiques et commerciales, dans un environnement facile d'utilisation, d'incorporer votre propre expertise locale ainsi que des données du réseau pour analyser des résultats.

En effet, avec un SIG, la planification de la capacité réseau peut se baser sur une vue détaillée et précises des performances et des tendances du réseau afin de planifier efficacement les installations nouvelles ou supplémentaires.

Dans le cadre de ce processus, les entreprises définissent des priorités en cartographiant l'infrastructure, le zonage, les données clients et la topographie existants.

Chapitre III : SIG et Réseaux de Télécommunications.

III.1.2 Ingénierie et construction

Un système d'information d'ingénierie basé sur la technologie SIG d'entreprise rationalise vos processus de travail pour :

- L'architecture réseaux ;
- La collecte des données de terrain et de mise à jour ;
- L'analyse de données, la modélisation et la visualisation ;
- L'accès et le partage des données ;
- La coordination des équipes de projet.

Une gestion efficace est essentielle dans le contrôle et le suivi des budgets d'investissement et le lancement d'un nouveau service. Grâce aux SIG, votre entreprise peut fournir aux entrepreneurs des plans d'ingénierie de haute précision et respecter les calendriers de livraison et d'avancements.

Vous pouvez également utiliser le SIG pour définir des détails de mise en service de vos nouveaux clients. Cela vous aide à éviter les retards coûteux, les clients insatisfaits, et des revenus tardifs.

III.1.3 Marketing

Le SIG fournit aux spécialistes du Marketing une solution complète d'outils qui permet de définir le profil d'une clientèle cible et d'analyser une zone de marché. Il permet également l'utilisation de données géographiques couplées à des statistiques-clients et d'entreprises, pour les intégrer dans des applications de planification de capacité réseaux et dans le cadre d'organisation de campagnes de marketing direct.

Ainsi, avec un SIG, vous pouvez créer des rapports, effectuer des analyses statistiques complexes pour suivre l'efficacité, l'impact des campagnes marketing, et enfin visualiser les résultats sur une carte.

III.1.4 Vente

Les commerciaux des opérateurs de télécommunications peuvent obtenir rapidement des profils clients en posant certaines questions géographiques :

- Où se trouve le client ?
- Quels sont produits et services utilisés ?
- A quelle distance se trouve le réseau fibre le plus proche ?
- Quand pensons-nous avoir la couverture pour cet endroit ?

Grâce au SIG, vos équipes de vente bénéficient d'informations géolocalisées précises qui les aident à faire des prévisions de mise en service, à réduire le nombre de ventes perdues, et à augmenter les revenus grâce à de nouveaux services.

Chapitre III : SIG et Réseaux de Télécommunications.

Le SIG donne à vos équipes de vente un affichage cartographique des données du réseau qui leur permet de déterminer rapidement des délais d'installation précis et des informations sur la disponibilité du service.

Les SIG, via les portails grand public, peuvent également aider à mieux servir les clients en fournissant des informations pertinentes en temps réel comme :

- Niveau d'éligibilité ;
- Points de vente ;
- Distribution du réseau ;
- Carte de couverture.

Une cartographie à jour du réseau et l'emplacement exact du client permettent aux responsables des ventes de cibler leur démarche, de définir des besoins et la capacité du réseau sans quitter leur bureau.

Avec des vues cartographiques partagées, votre équipe de ventes peut suivre l'évolution de la construction du réseau pendant les travaux et annoncer des dates de mise en service réalistes et compétitives pendant leur campagne de démarchage et de prospection.

III.1.5 Service client et gestion des équipes

La gestion de la relation client (CRM) est l'interface cruciale entre un opérateur de télécommunication et ses clients et prospects. Un SIG fournit aux opérateurs de centres d'appel une vue instantanée de la localisation d'un client, des installations proches, des demandes de services et de qualité du signal.

Le SIG réduit considérablement le délai de réponse à une demande d'assistance, en intégrant les données historiques sur le réseau et le client dans un système de tickets d'incident.

Le SIG offre des outils spécialisés pour la gestion de la relation clientèle et des équipes mobiles.

En effet, vous pouvez créer un processus SIG dans lequel les responsables du service clientèle déclenchent une demande de mise en service qui est ensuite traitée par les opérateurs. Les opérateurs créent alors un ordre de mission et attribuent à l'équipe terrain la plus appropriée, puis les guident vers le client, et suivent l'évolution de leur intervention. Un tel processus de travail vous permet d'annoncer des temps d'intervention optimisés auxquels les techniciens de terrain peuvent répondre.

La mise en place d'un SIG d'entreprise combinée avec un SIG mobile donne aux équipes de terrain l'accès aux données du réseau et les informations clientèles appropriées sur leurs appareils mobiles, dans leur secteur d'intervention.

L'accès partagé à l'information permet de réduire le nombre d'interventions sur le terrain, de les optimiser, de réduire le nombre de tournées et donc de booster les ventes du service client.

Chapitre III : SIG et Réseaux de Télécommunications.

III.1.6 Rationalisation de l'Entreprise

III.1.6.1 Utilisation du SIG pour gérer les données d'Entreprise

Les déploiements de réseaux de télécommunications et de services de localisation par l'association de bases de données de segmentation du marché, de planification réseau et d'ingénierie. Le choix du lieu de déploiement des réseaux a une incidence très forte sur l'organisation. La localisation géographique et l'offre de services sont les deux points les plus décisifs pour un prestataire de télécommunications ou de services de localisation. L'association appropriée des groupes de professionnels et de clients, de l'infrastructure existante et des droits de passage crée un processus de décision basé sur la localisation, que le SIG peut améliorer et simplifier.

III.1.6.2 Déploiement accéléré de réseau

Une fois que le choix stratégique concernant le déploiement du réseau est fait, le SIG d'entreprise rationalise l'organisation. Le SIG réduit considérablement le nombre de réunions entre services pendant le processus, car toutes les parties concernées peuvent s'informer en permanence de l'avancement du déploiement.

III.1.6.3 Avantage concurrentiel

Des décisions plus judicieuses et un déploiement accéléré permettent à l'organisation de capitaliser sur les nouvelles technologies de télécommunication et de services de localisation. La manière la plus rapide et la plus simple de gagner des parts de marché est de proposer un service avant que la concurrence ne la fasse. Un SIG d'entreprise vous offre cette possibilité.

III.2 Etat de l'art et les limites actuelle des SIG

Le marché de l'édition informatique propose de nombreux outils qui permettent de mettre en œuvre un système d'information géographique. Nous avons dans cette partie de l'étude, dressé un tour d'horizon de ces produits. Nous nous sommes tout d'abord attachés à définir les caractéristiques communes de ces produits.

III.2.1 Les caractéristiques d'un système d'information géographique

Nous avons abordé précédemment quels étaient les composants d'un SIG. Cette approche s'était attachée au niveau logique. Il s'agira ici de s'attacher aux caractéristiques physiques.

- Le module d'acquisition de données. Il permet d'intégrer dans le SIG les images et les données. A cet effet, il dispose de fonctions d'importation d'images, de géoréférencement, de construction de classe d'objets et d'objets. Ce module sera complété de fonctions d'importation de données. La capacité à lire des formats différents caractérisera le logiciel.

Chapitre III : SIG et Réseaux de Télécommunications.

- Le module traitement de l'information : on y trouvera toutes les fonctions d'analyse spatiale. Elles doivent permettre d'identifier la distribution spatiale d'un phénomène, de la comparer à des formes de référence dont les lois de répartition sont connues, mais aussi de mesurer l'homogénéité spatiale (détermination d'ensembles homogènes à partir de la corrélation d'attributs et de la notion de voisinage), mise en évidence et analyse des relations entre les variations de la localisation et variations d'un ou de plusieurs attributs descriptifs.
- Les module restitution : ce module contiendra les fonctions de représentation des données et en particulier celles qui permettent de cartographier les données. Mise forme, édition, cartographie... ils se différencieront par la possibilité de représenter en 3D les cartes, l'export de données géoréférencées avec le format utilisé qui conditionnera la réutilisation possible du document, la richesse des possibilités d'associer des symboles, des formes, des couleurs avec des objets et de leurs relations.

III.2.2 Les principales solutions du marché

Le choix d'un logiciel SIG s'avère parfois difficile, en effet ils en existent des dizaines sur la toile, bien que leurs objectifs est communs chacun de ces logiciels a ces propres fonctionnalités, avantages et inconvénients. Les plus connus et les plus utilisés au monde son Mapinfo de Pitney Bowes Software et Arcgis de ESRI leur inconvénient majeur reste le prix qui n'est pas à la portée de tout le monde, heureusement ils existent d'autres logiciels SIG gratuits voir même Open Source comme QGIS de Open Source Geospatial (OSGeo) et GRASS GIS DE GRASS Development Team.

Dans ce qui suit on va lister les logiciels SIG les plus utilisés au monde avec leurs fonctionnalités :

- **QGIS**

QGIS est un Système d'Information Géographique (SIG) convivial distribué sous licence publique générale. C'est un projet officiel de la fondation Open Source Geospatial (OSGeo). Il est compatible avec Linux, Unix, Mac OS X, Windows et Android et intègre de nombreux formats vecteur, raster, base de données et fonctionnalités.



Figure 16 : Logiciel Qgis

Chapitre III : SIG et Réseaux de Télécommunications.

Dernière version : Version 2.8 Brighton
Prix : Open Source/Gratuit
Site Officiel : www2.qgis.org

- **MapInfo**

Disponible sous une version 64 bits native en plus de la version 32 bits MapInfo Professional est un système d'information géographique avec des fonctionnalités d'intelligence géospatiale qui permettent aux entreprises de comprendre leurs activités, d'analyser les tendances géographiques, et de prendre des décisions critiques avec une meilleure connaissance des risques et des opportunités.



Figure 17 : Logiciel Mapinfo

Éditeur : Pitney Bowes Software
Dernière version : Version 16
Prix : 30 jours d'essai gratuit
Compatible avec: Windows
Site Officiel : web.pb.com/mipro-fr

- **ArcGIS**

ArcGIS est un système d'information géographique parmi les plus connus au monde qui comprend une suite d'applications cartographiques qui permettent de collecter et partager des informations dans une organisation et avec le public, il permet de faire une analyse spatiale pour identifier et mesurer les implications, les conséquences et l'impact des décisions.



Figure 18 : Logiciel Arcgis

Chapitre III : SIG et Réseaux de Télécommunications.

Éditeur : ESRI

Dernière version : Version 10.5

Prix : 60 jours d'essai gratuit

Compatible avec : Windows

Site Officiel : www.esri.com

- **GRASS GIS**

GRASS GIS est un logiciel de système d'information géographique (SIG) libre (GPL) de conception modulaire réalisé par le GRASS Development Team. GRASS est de conception modulaire, c'est-à-dire qu'à chaque fonction du logiciel correspond un module, ce qui permet d'économiser la mémoire et la CPU de l'ordinateur en ne lançant que les modules dont l'utilisateur a besoin. Ses fonctionnalités font de GRASS, en particulier à partir de sa version 6, un logiciel extrêmement puissant et polyvalent puisqu'il hérite des puissantes fonctionnalités de GRASS 5 en traitement d'image et en analyse raster et que s'y ajoutent des fonctionnalités vectorielles 2D et 3D.



Figure 19 : Logiciel Grassgis

Éditeur : GRASS Development Team

Dernière version : Version 7.0

Prix : Open Source/Gratuit

Compatible avec : Windows, Mac OS, Linux

Site Officiel : www.grass.osgeo.org

Chapitre IV : La couverture des services mobiles.

IV.1 Le déploiement des réseaux mobiles [1]

IV.1.1 Les réseaux de deuxième génération

Le marché des services mobiles a commencé à se développer au début des années 1990 par l'exploitation de réseaux de deuxième génération (2G), basés sur la norme GSM. La téléphonie en mobilité en constituait le principal service, même si les messages courts « SMS » sont rapidement apparus comme un usage essentiel aux consommateurs.

Ces réseaux 2G ont progressivement connu des évolutions, parmi lesquelles l'introduction des technologies GPRS puis EDGE, qui ont ouvert la voie à des services multimédia mobiles. Dès le début des années 2000, l'accès mobile à des services en ligne était ainsi possible sur des réseaux 2G, à des débits atteignant jusqu'à plusieurs dizaines voire plus d'une centaine de kbit/s.

IV.1.2 Les réseaux de troisième génération

L'évolution des services mobiles vers des accès haut débit à l'internet mobile s'est engagée depuis le début des années 2000 par l'autorisation, en Europe, d'opérateurs de réseaux mobiles de troisième génération (3G), à la norme UMTS.

Les déploiements effectifs des opérateurs 3G ont initialement connu un décalage significatif par rapport aux prévisions faites lors des procédures d'attribution, expliqué par une maturité industrielle retardée des technologies UMTS, et constatée au niveau international. A la fin des années 2000 toutefois, les réseaux 3G sont disponibles, et les consommateurs montrent un engouement croissant pour des usages mobiles à très haut débit, soutenu notamment par l'apparition des « smartphones ».

L'utilisation des réseaux 3G est désormais largement répandue, accompagnée d'une augmentation constante de la diversité des services disponibles sur les mobiles et des performances des évolutions successives de l'UMTS. Ainsi la technologie HSPA, ou « 3G+ », permet à présent l'accès à des débits pics pouvant dépasser la dizaine de Mbit/s.

IV.1.3 Les réseaux de quatrième génération

Les services de communications mobiles sont en train de suivre la même évolution que celle des services fixes, c'est-à-dire une transition accélérée vers l'accès à très haut débit. Ce sont les réseaux 4G qui permettront de répondre aux demandes croissantes des usages mobiles, tant en termes de qualité des services offerts que de capacité d'écoulement du trafic par les réseaux.

Dans cette perspective, deux nouvelles bandes de fréquences ont été identifiées en Europe en vue du développement de ces réseaux mobiles : la bande 790 – 862 MHz (dite « 800 MHz »), issue du dividende numérique, et la bande 2500 – 2690 MHz (dite « 2,6 GHz »).

Chapitre IV : La couverture des services mobiles.

Ces fréquences sont destinées au déploiement de réseaux mobiles à très haut débit, pour apporter au consommateur une capacité et une qualité de services supérieures aux offres actuelles d'internet mobile. Les technologies attendues devraient ainsi offrir aux utilisateurs des débits de plusieurs dizaines de Mbit/s, largement supérieurs aux performances des technologies 3G et 3G+.

IV.2 Réseaux, services et acheminement des communications [1]

Il est également utile de préciser ici les deux notions de « réseau » et « service » dont la distinction, dans certaines circonstances, peut apporter des éclairages pertinents.

Le réseau représente les différents éléments techniques déployés par un opérateur de réseau mobile (antennes, équipements radioélectriques, cœur de réseau etc.), qu'il utilise pour fournir des communications à ses clients, et au sein desquels on peut identifier le cas échéant son réseau 2G et son réseau 3G, correspondant à des générations successives de technologie de réseau.

Le service recouvre les diverses prestations auxquelles un utilisateur accède chez l'opérateur dont il est client. On peut ainsi parler de service « voix », de service « sms », de service « internet mobile » etc.

Pour fournir ses services mobiles à ses clients, un opérateur peut mettre à contribution plusieurs réseaux. Ainsi une même catégorie de services est susceptible d'être fournie alternativement par le réseau 2G ou le réseau 3G de l'opérateur : une communication « voix » peut par exemple être acheminée soit en 2G, soit en 3G, voire commencée en 3G et terminée en 2G, en fonction des conditions de trafic au moment de l'appel et des choix techniques de l'opérateur. L'acheminement des communications entre ces différents réseaux s'effectue sans intervention de l'utilisateur.

Par ailleurs, dans des configurations particulières, les communications des abonnés au service d'un opérateur peuvent être acheminées par le réseau d'un autre opérateur. C'est le cas lorsqu'un client est en itinérance : cette situation se présente notamment lorsque le client se trouve à l'étranger, ou dans certaines communes du programme national « zones blanches ». Dans ce cas, la couverture du service offert par l'opérateur résulte de l'emploi cumulé de la couverture du réseau déployé par l'opérateur et de celle du réseau d'un ou plusieurs autres opérateurs avec lesquels est prévu un accès en itinérance.

Chapitre IV : La couverture des services mobiles.

IV.3. La couverture mobile

IV.3.1. La définition de la couverture mobile

La couverture mobile vise à caractériser la disponibilité des services offerts via un réseau mobile avec une granularité géographique fine, en se rapportant à un niveau de service fixé et à une configuration de référence.

La définition de la couverture correspond à une configuration technique de référence servant à délimiter l'empreinte géographique du réseau d'un opérateur. Le choix de cette configuration de référence, s'il ne vise pas à représenter l'ensemble des situations d'usages des utilisateurs mobiles, doit permettre [1]:

- la détermination de la disponibilité géographique des réseaux avec une fiabilité satisfaisante et à une échelle suffisamment fine,
- l'objectivité des mesures, qui peuvent être reproduites dans des conditions similaires,
- la comparaison de la couverture des réseaux des différents opérateurs, sur des paramètres transparents et équitables.

Les paramètres de la configuration de référence qui doivent être fixés sont :

- **Situation : extérieur/intérieur des bâtiments**

La pénétration des ondes à l'intérieur des bâtiments affaiblit leur niveau de champ et conduit à ce que la couverture à l'intérieur d'un bâtiment soit généralement plus faible que celle à l'extérieur de celui-ci. Ainsi, s'il est utile de connaître la disponibilité des services mobiles à la fois à l'extérieur des bâtiments et à l'intérieur des bâtiments, il convient de choisir une situation de référence utilisée pour la définition de la couverture.

- **Mobilité : piéton/véhicule**

A l'extérieur d'un bâtiment, plusieurs usages en mobilité très différents sont possibles : piéton, véhicule automobile, transport en commun, train...

Il existe des difficultés spécifiques liées à la vérification de la couverture à vitesse élevée. En effet, dès lors que la vitesse devient importante, des phénomènes tels que le basculement d'une antenne-relais à une autre durant le déplacement de l'utilisateur, qui présentent des grandes variabilités, peuvent conduire à des résultats différents d'une mesure à une autre : l'information produite présente donc un degré de fiabilité et de reproductibilité plus faible. Toutefois, si la notion de couverture est difficilement applicable à vitesse élevée, d'autres moyens existent pour disposer d'une information sur la disponibilité des services mobiles à l'intérieur de véhicules.

Chapitre IV : La couverture des services mobiles.

- **Service de référence**

Le premier service à avoir été mis en œuvre sur les réseaux mobiles et qui reste largement utilisé est le service voix : il a donc toute sa légitimité pour servir de référence, notamment sur les réseaux 2G. D'autres services, par exemple le transfert de fichiers, peuvent également servir de référence, notamment sur les réseaux à haut et très haut débit, où les services de données représentent un usage important.

- **Terminal et offre de référence**

Les terminaux usuels (téléphone classique, smartphone, tablette, ...) peuvent présenter des performances différentes, notamment en termes de débits. Mais ces différences de performances n'ont pas d'impact sur la disponibilité d'un service de référence comme la voix, par exemple, dont les exigences en termes de débits (de l'ordre d'une dizaine de kbit/s) sont plus faibles que les débits de l'ensemble des terminaux.

Ils peuvent également présenter des différences de sensibilité, c'est-à-dire de capacité à utiliser un service lorsque les niveaux de champ radioélectrique sont faibles. Cette différence de sensibilité peut donc conduire, en particulier en bordure de couverture, à ce qu'une portion du territoire soit couverte pour un terminal donné mais pas pour un autre.

IV.3.2 Les notions de couverture des services mobiles [1]

La notion de couverture vise à traduire l'empreinte géographique sur laquelle un consommateur peut accéder à un service mobile de référence fourni par le réseau d'un opérateur, à un niveau suffisamment fin pour rendre compte des diversités géographiques et démographiques. Elle s'attache à rendre compte de la disponibilité géographique ou non d'un niveau de service de référence, et se traduit par une information binaire (couvert/pas couvert).

Cette notion de couverture doit pouvoir s'apprécier à un niveau local et nécessite la fixation d'une configuration de référence correspondant à un usage courant des consommateurs. Elle doit ainsi faire appel à des indicateurs objectifs (taux de réussite d'appels ou de connexion au réseau) et à des conditions bien identifiées (à l'extérieur des bâtiments, en usage piéton).

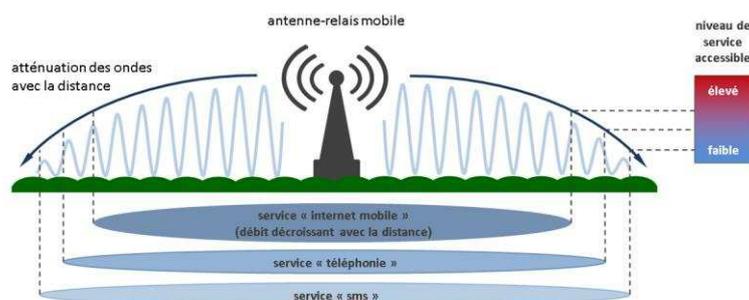


Figure 20 : Représentation de la couverture réseau

Chapitre IV : La couverture des services mobiles.

La vérification de la couverture est ainsi possible par des mesures sur le terrain visant à tester les critères établis pour définir la couverture. Les informations obtenues par de telles mesures permettent de caractériser la couverture d'une zone donnée avec une fiabilité satisfaisante et stable dans le temps.

IV.3.3. La production de cartes géographiques représentant la couverture mobile [1]

La production de cartes géographiques représentant la couverture mobile peut, en premier lieu, reposer sur des modélisations informatiques complexes, qui permettent de rendre compte, avec une granularité géographique fine de la couverture mobile.

Il y a deux approches pour la production des cartes de couverture :

- **Approche prédictive :**

Il est possible, à partir d'une modélisation numérique du réseau d'un opérateur, de produire des cartes de couverture indiquant les portions du territoire supposées couvertes par son réseau mobile et celles qui ne le seraient pas.

- **Approche empirique :**

Avec l'essor des smartphones et des services de données, des nouvelles possibilités se sont développées pour la production d'information géographique en matière de couverture mobile. Des applications installables sur les smartphones proposent, d'une part, d'effectuer des mesures de couverture par les utilisateurs eux-mêmes, et, d'autre part, de remonter ces mesures géo-localisées auprès d'un serveur centralisé. Il est ainsi possible d'agréger les mesures de plusieurs utilisateurs utilisant une telle application et de reproduire sur des fonds de cartes les informations géographiques correspondantes.

IV.3.4. Le calcul de taux de couverture à partir des cartes de couverture

A partir des cartes de couverture des opérateurs mobiles, peuvent être définis localement ou au plan national des indicateurs synthétiques visant à refléter le niveau de couverture du territoire ou de la population.

- **Le taux de couverture du territoire**

Le taux de couverture du territoire mesure la proportion, en termes de surface du territoire, que représentent les zones identifiées comme couvertes sur la carte de couverture d'un opérateur. Il est possible d'établir un taux de couverture du territoire à différentes granularités : au niveau national ou départemental, ou sur n'importe quelle zone déterminée.

Chapitre IV : La couverture des services mobiles.

- **Le taux de couverture de la population**

Le taux de couverture de la population mesure la proportion de population se situant dans les zones identifiées comme couvertes sur la carte de couverture d'un opérateur. Ceci nécessite la disposition de la carte de couverture avec la connaissance de la population en chaque point du territoire.

Chapitre V : Etude de l'existant de Descriptif de l'application.

V.1 Etude de l'existant

La génération de carte de couverture est une tâche très importante. Elle sert à satisfaire plusieurs besoins :

- Lors de la mise en service d'un nouveau site : le besoin de corriger les trous de couverture.
- Lors d'un changement de design : le changement n'impactera pas l'état de couverture actuel.

Les cartes de couverture produites servent aussi à la génération ~~des rapports~~ des rapports de l'équipe reporting. En effet, des statistiques concernant le pourcentage de population et de territoire couverts sont demandées mensuellement par les opérateurs de télécommunication. Ces données servent à :

- Les mises en services de nouveaux sites effectuées dans le mois en question.
- L'efficacité d'utilisation des équipements en service.

V.2. Descriptif de l'application

Notre application permet aux sociétés de télécommunication de trouver rapidement n'importe quel dispositif et d'afficher les chemins entre différents dispositifs. Elle joue un rôle essentiel pour le contrôle du réseau, la répartition des dossiers d'incidents, l'isolement des coupures et la localisation des sites concernés en cas d'urgence. Les services commerciaux utilisent le modèle pour un ensemble de rapports tels que les calculs de frais, les factures et paiements pour les locations de conduites ou de poteau, les taxes, etc.

V.2.1 Présentation d'ArcGis et Visual Studio

V.2.1.1 ArcGis

ArcGIS est un système d'information géographique parmi les plus connus au monde qui comprend une suite d'applications cartographiques qui permettent de collecter et partager des informations dans une organisation et avec le public, il permet de faire une analyse spatiale pour identifier et mesurer les implications, les conséquences et l'impact des décisions.

Les trois fonctionnalités d'ArcGis utilisés :

ArcCatalog

- Exploration des données géographiques et attributaires
- Mise en évidence des données géographiques
- Gestion des données (créer, définir, déplacer, renommer, supprimer)
- Description des données 'métadonnées).

ArcMap

- Visualisation (étiquetage, symbologie)

Chapitre V : Etude de l'existant de Descriptif de l'application.

- Edition (numérisation d'entités, saisie de données attributaires)
- Géotraitement (croisements entre couches d'information, interrogation, sélection, zone tampons, ...)
- Mise en page (carte, graphique, rapports)

ArcToolbox

- Conversions de formats de fichiers
- Définition, changement de projection
- Analyse et géotraitements
- Outils spécifiques des extensions ArcGis
- Outils, modèles de traitement créés par l'utilisateur.

V.2.1.2 Visual Studio

Visual Studio est un jeu complet d'outils de développement permettant de générer des applications web ASP, des services web XML, des applications bureautiques et des applications mobiles. Visual Basic .NET, Visual C++ .NET, Visual C# .NET et Visual J# .NET utilisent tous le même environnement de développement intégré (IDE, integrated development environment), qui leur permet de partager des outils et faciliter la création de solutions faisant appel à plusieurs langages. Par ailleurs, ces langages permettent de mieux tirer parti des fonctionnalités du .NET Framework, qui fournit un accès à des technologies clés simplifiant de développement d'applications web ASP et de service web XML.

V.3. L'application

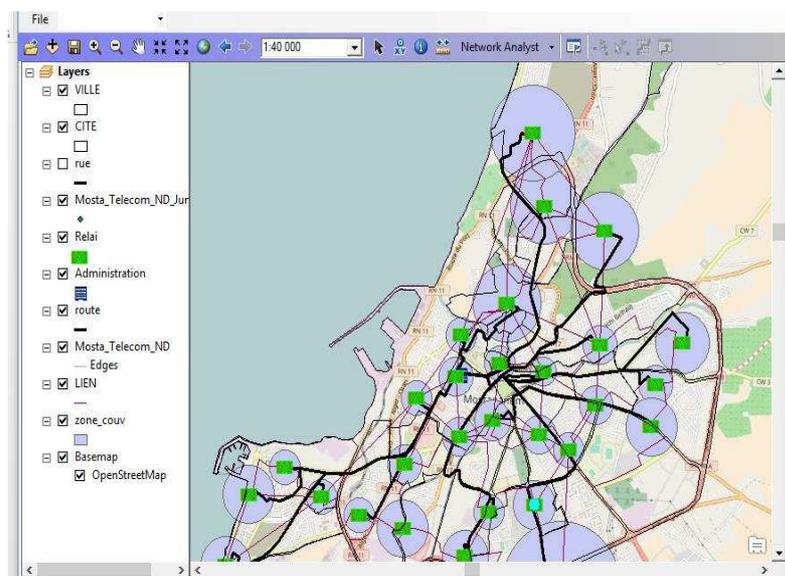


Figure 21 : Interface de l'application

Chapitre V : Etude de l'existant de Descriptif de l'application.

Ci-dessus dans la figure 21, l'interface de l'application réalisée avec visuel studio, via le langage C# et on voit que ça ressemble à l'interface d'arcgis.

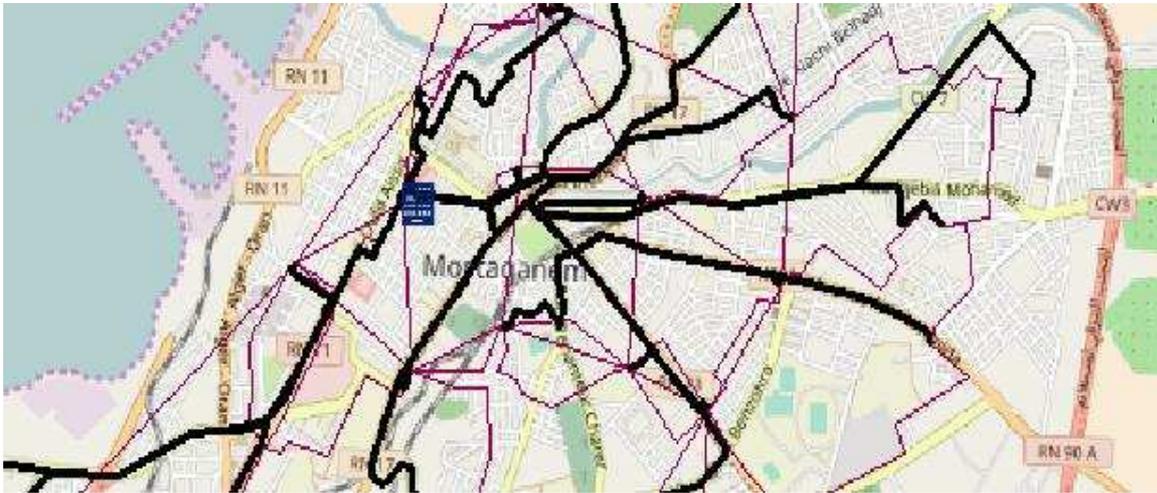


Figure 22 : Administration

Ci-dessus dans la figure 22 une représentation de l'emplacement géographique de l'administration ou plutôt le service technique chargé des relais.

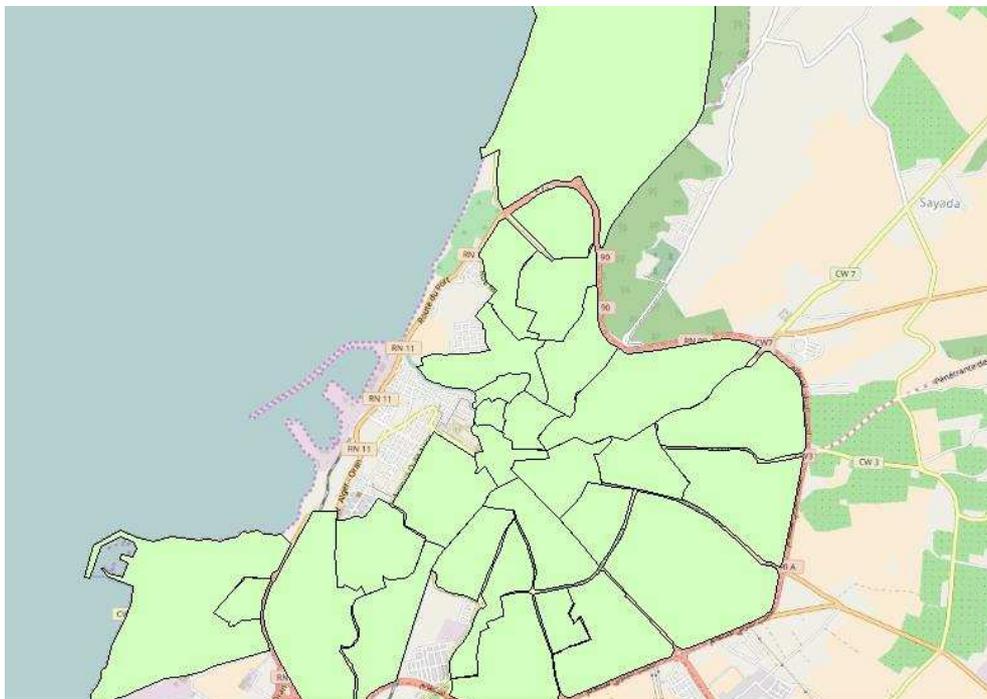


Figure 23 : Les Cités

Ci-dessus dans la figure 23 la représentation des cités de Mostaganem.

Chapitre V : Etude de l'existant de Descriptif de l'application.



Figure 24 : Détection des pannes

Ci-dessus dans la figure 24 la représentation des relais et en particulier les relais en panne qui sont en turquoise.



Figure 25 : Les relais

Ci-dessus dans la figure 25 une représentation des emplacements géographiques des relais.

Chapitre V : Etude de l'existant de Descriptif de l'application.



Figure 26 : Réseau routiers

Ci-dessus dans la figure 26 la représentation du réseau routiers de la ville de Mostaganem.

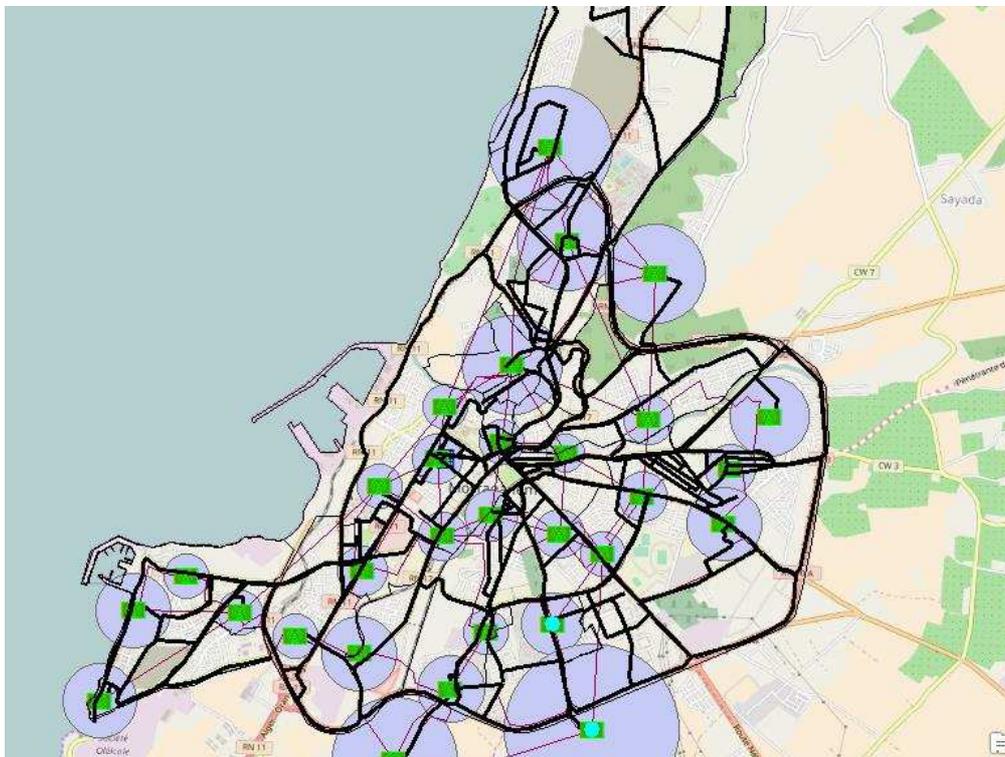


Figure 27 : Représentation de toutes les couches

Ci-dessus dans la figure 27 les couches sont toute sélectionner.

Chapitre V : Etude de l'existant de Descriptif de l'application.

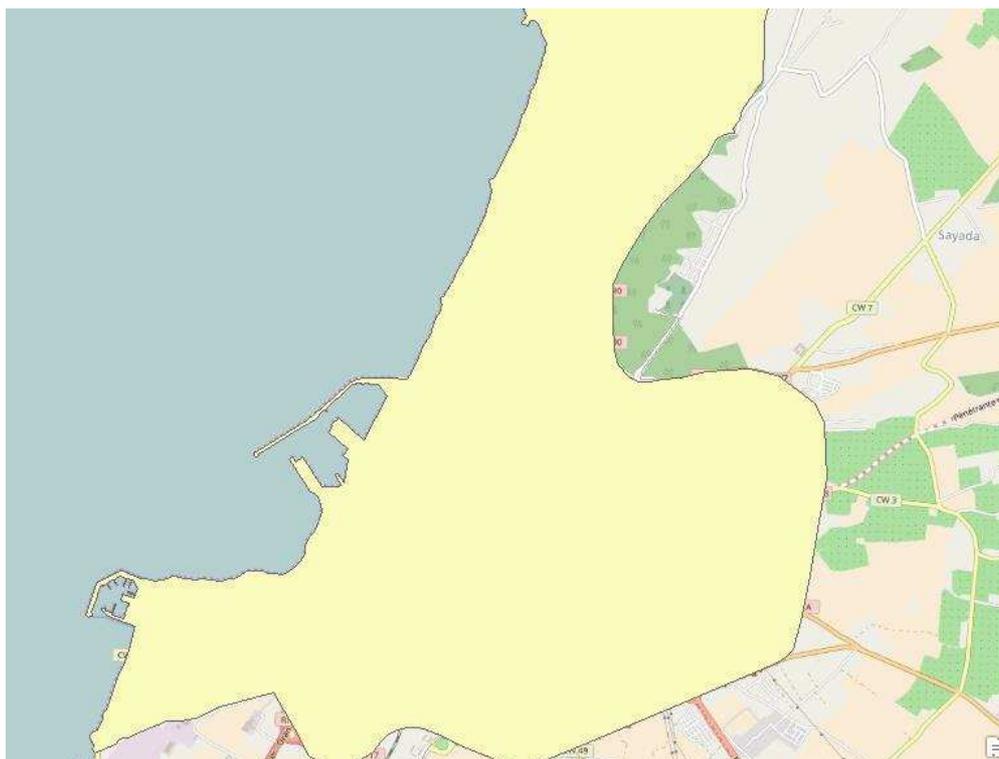


Figure 28 : La ville de Mostaganem

Ci-dessus dans la figure 28 la représentation de la ville de Mostaganem

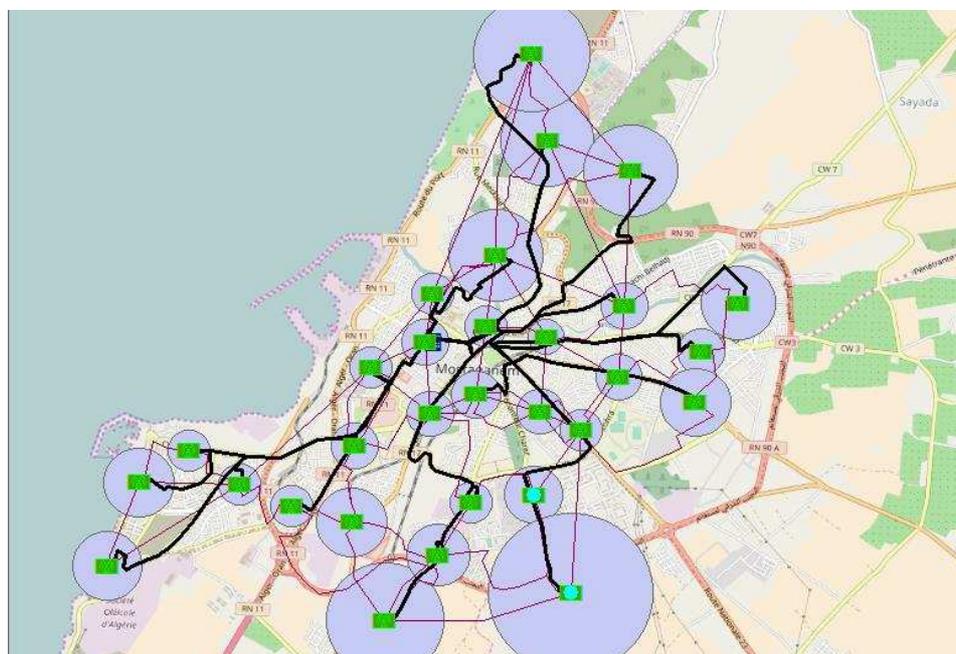


Figure 29 : Les zones de couverture

Et finalement dans la figure 29 la représentation des zones de couvertures de chaque relai.

Chapitre V : Etude de l'existant de Descriptif de l'application.

V.3.1 Structuration des données

V.3.1.1 Modèle conceptuel

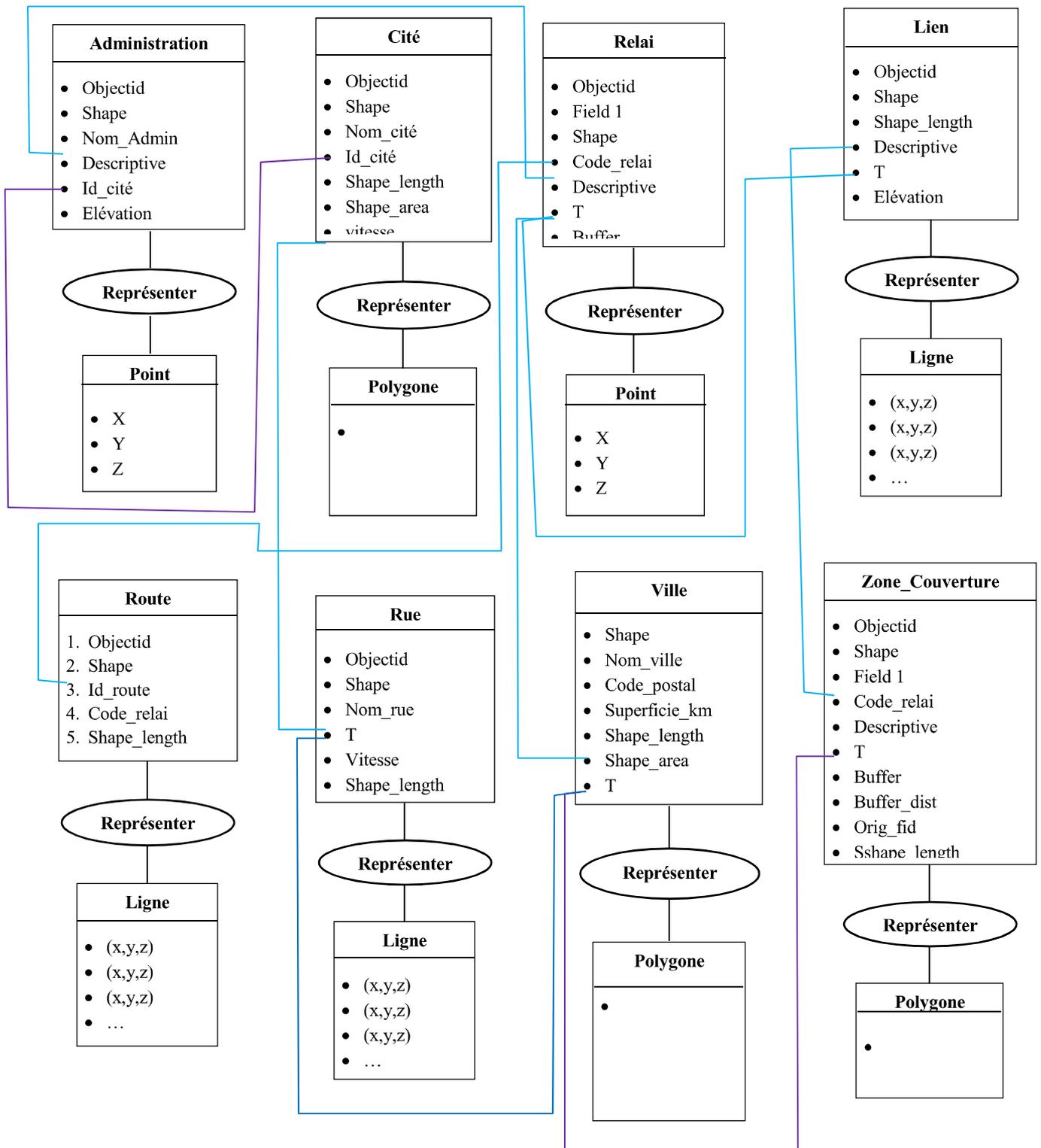


Figure 30 : MCD

Conclusion

L'objectif principal de ce travail a été d'évaluer l'apport de Système d'Information Géographique dans la gestion de réseaux de télécommunications. Nous avons fait un tour d'horizon sur l'histoire du développement des moyens de télécommunications et de la construction des réseaux de télécommunication, puis nous avons présenté les principaux concepts du Système d'Information Géographique qu'on a choisi pour résoudre notre problématique qui est principalement la gestion du réseau de télécommunication.

Comme perspectives on propose de doter le projet par l'équipement adéquat pour détecter les pannes des relais à distance et intégrer les informations directement dans la base de données du système d'information géographique. Et l'idéal est d'avoir les informations réelles d'Algérie Télécom pour concrétiser le projet, chose qui était notre but au départ sauf que le service n'a pas voulu collaborer à notre travail.

Enfin on tient à préciser qu'un tel projet s'il serait concrétisé sur le terrain rend un gain énorme à Algérie Télécom, de point de vue temps en rapidité ainsi qu'en qualité des services proposés par cette Entreprise.

Bibliographie

- [1] **ARCEP** (Autorité de régulation des communications électronique et des postes) « *Rapport sur la couverture et la qualité des services mobiles en France métropolitaine* », Novembre 2012
- [2] **Christine Türck** , « *Prédiction de couverture de champ radioélectrique pour les réseaux radiomobiles : l'apport des Systèmes d'Information Géographique. Application en milieu urbain* » ; Thèse de Doctorat de l'Université Louis Pasteur Strasbourg I, 2005.
- [3] **Ould Ahmed Bamba et al**, « *Etat de l'art sur la conception et la mise en œuvre d'un SIG* » article, 2005
- [4] **Yohann Ly**, « *Formats et échanges de l'information géographique* », Master ASIG/Projet bibliographique, 2008

Webographie

- [5] <http://lenouvelliste.com/lenouvelliste/article/157714/Quels-sont-les-avantages-et-les-inconvenients-des-communications-electroniques#sthash.41Y75nBW.dpuf>, consulté décembre 2016
- [6] http://www.eduki.ch/fr/doc/dossier_11_histo.pdf consulté décembre 2016
- [7] <http://www.esrifrance.fr/raster.aspx>, consulté Janvier 2017
- [8] http://www.esrifrance.fr/res_telecom.aspx, consulté Janvier 2017
- [9] <http://www.esrifrance.fr/sig2.aspx>, consulté Janvier 2017
- [10] <http://www.esrifrance.fr/sig11.aspx>, consulté Janvier 2017