

Apport de la Géomatique à la gestion intelligente d'un réseau d'éclairage public. Cas de la ville d'ORAN

A. Saidi

CTS Arzew

Résumé :

La complexité de la gestion d'un territoire urbanisé exige de plus en plus le recours à des techniques scientifiques modernes, robustes et performantes pour garantir une efficacité des décisions et des actions entreprises. La technologie spatiale en général et la Géomatique à travers son corollaire les SIG en particulier en sont des outils incontournables dans la gestion de l'espace. La gestion urbaine intègre plusieurs volets. L'éclairage public en constitue une des composantes principales. Outre l'aspect sécuritaire qui conditionne son efficacité, l'éclairage public fait partie de l'identité de la cité. Il détermine la culture et le cachet de la ville ainsi que de ses citoyens.

Dans cette étude, nous mettons en place un système intelligent permettant une caractérisation de toutes les entités constituantes d'un réseau d'éclairage public, en termes de luminaires, d'armoires de distribution, de câblerie, de réseau énergie, de connectique, ... Ce système s'adresse dans son exploitation aussi bien aux techniciens et opérateurs du terrain qui sont en charge de la maintenance du réseau, qu'aux gestionnaires et décideurs responsables de son aménagement et déploiement. Les produits dérivés du système notamment les cartographies du réseau, les analyses spatiales spécifiques et les exploitations efficaces des informations mettent en relief le rôle prépondérant de la Géomatique et ses outils modernes que sont le datamining spatial, dans la gestion du réseau et de l'espace urbain en général.

Mots clés : Réseau éclairage – Luminaire – SIG – Géomatique – Datamining

I. Introduction :

Toute activité intégrant un territoire est génératrice de données et informations à référence spatiale. La profusion des bases informationnelles sur l'espace que nous occupons, en témoigne de l'intérêt extrêmement important accordé par les différents acteurs de l'administration territoriale à l'information géographique. L'apport des nouvelles technologies de l'information a engendré un accroissement exponentiel du volume des données et informations au sein des différentes organisations. Ceci a pour conséquence une amélioration avérée dans la gestion et une meilleure précision des décisions arrêtées. Dans le domaine de l'activité économique, l'informatique en tant que science propose des approches décisionnelles (Business Intelligence - BI) aptes à analyser des données archivées non volatiles sur une période de temps déterminée. Emanant de l'informatique décisionnelle, cette approche se veut intelligente et productrices d'inductions particulières insoupçonnées et non décelées par les méthodes traditionnelles. Des propriétés, des tendances et constats non révélés par les approches classiques (SGBD – OLTP) sont ainsi mis à jour et contribuent fortement à une prise de décision plus judicieuse. Ces outils s'articulent autour d'une structure de type Entrepôt de données (ED - DataWarehouse) permettant une fouille exploratrice de ces mêmes données (OLAP - DataMining). Or, dès qu'il s'agit d'information géographique, ces approches se retrouvent démunis et parfois non adaptés.

L'information géographique, socle de toute caractérisation du territoire est complexe et revêt des facettes multidimensionnelles. Elle présente plusieurs aspects composant sa définition. L'aspect géométrique et topologique exprime des caractéristiques métriques en termes de position, de forme, de surface, etc. et surtout de relations spatiales entre objets. Il est couplé avec un aspect attributif décrivant les informations intrinsèques à sa thématique. Cette dualité de la définition de l'information géographique n'est pas prise en compte par ces nouvelles approches. Les Systèmes d'Informations Géographiques (SIG) sont les outils d'appréhension par excellence de l'information à référence spatiale. Ils proposent une panoplie de solutions pour la gestion de l'information géographique et l'analyse spatiale déterministe. Toutefois ces systèmes excluent dans leur définition une approche par analyse spatio-temporelle orientée sujet de données archivées. Ceci constitue une contrainte prépondérante quant à leur capacité d'analyse via la fouille de données.

Notre étude s'attèle à présenter une proposition de méthodologie, enrichissant et adaptant l'approche ED et Datamining au contexte spatial pour une thématique déterminée à savoir l'éclairage public au sein de la ville d'ORAN. On parle alors d'Entrepôt de Données Spatial (EDS), de Datamining Spatial et d'outil OLAP Spatial (SOLAP) pour l'éclairage public. Cette spécificité de l'outil est dictée par la complexité de l'information géographique et surtout sa diversité, il est utopique à l'état actuel de la recherche de prétendre développer des outils EDS ou SOLAP universels. Chaque thématique géographique est spécifique. On n'appréhende pas de la même manière une thématique d'hydrologie, d'agriculture, de transport, de gestion de déchet ou encore d'éclairage public. Les objets revêtent des aspects géométriques et topologiques différents. A ce titre les expériences (peu nombreuses) relevées dans le monde pour la mise en œuvre d'outils SOLAP sont toutes spécifiques et ciblent une thématique

définie. L'outil que nous avons développé est intégré à un environnement SIG pour permettre une visualisation et cartographie des résultats.

II. Problématique de l'analyse spatiale multidimensionnelle :

1. Entrepôt de données et Entrepôt Spatial de données :

L'entrepôt de données est une dérivation des structures de données existantes telles les BD vers une structure contenant des données archivées non sujettes à modifications.

Bill Inmon [Bin 09], les définit comme suit : "Un entrepôt de données est une collection de données orientées sujet, intégrées, non volatiles, historisées et organisées pour la prise de décision." (Fig.1)



Fig.1. Entrepôt de données

Cette définition suppose que les données soient sauvegardées à leur niveau le plus élémentaire pour un usage basique et plus flexible rendant facile et rapide l'analyse d'informations.

L'accès et le traitement des données présentes dans l'ED se fait à l'aide d'une palette d'outils appelée le DataWarehousing (Fig.2). En DataWarehousing, on modélise les données sous forme d'un data-cube, si les données n'excèdent pas trois dimensions. Chaque dimension est représentée par une table. Si les cubes excèdent trois (03) dimensions ils sont appelés hyper-cubes.

En intégrant la dimension spatiale des informations dans le Datawarehouse, on se retrouve avec un Entrepôt de Données Spatial (EDS) ou Spatial DataWarehouse.

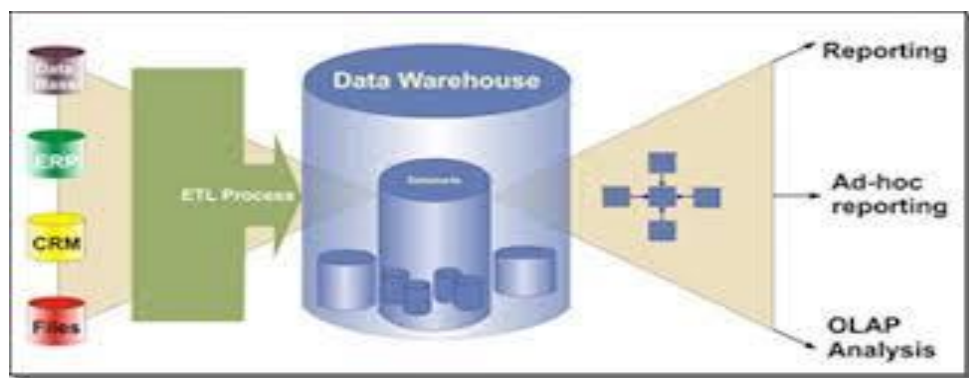


Fig.2. Outils de manipulation de L'ED : Le Datawarehousing

Il est admis que les processus analytiques n'utilisent pas le plein potentiel des données s'ils n'intègrent pas la composante spatiale. Or cette dimension spatiale est la plupart du temps présente dans l'information sous forme d'une localisation : une adresse, un code postal, une localisation GPS, une Région ou un pays, une position, une référence territoriale, ...

On estime actuellement que 80% des données stockées dans les bases de données corporatives possèdent une référence spatiale [Frk 92]. Parfois la composante spatiale se décline en plusieurs éléments en plus de la position tels une forme, une orientation et une taille. La simple visualisation de cette composante spatiale permet de fournir une première compréhension du phénomène par rapport à son espace (Fig.3). Ainsi afficher les données spatiales permet de dégager une idée sur leur localisation dans le territoire, leur étendue, leur distribution (concentrée, dispersée, par groupes, aléatoire, régulière, etc.). Cette action de visualisation permet de découvrir des informations non disponibles dans les outils OLAP traditionnels.



Fig.3. Répartition spatiale du phénomène

2. Fouille Spatial de données - SOLAP :

L'ensemble des méthodes requérant une analyse à l'aide des ED est regroupé dans un concept appelé OLAP (On Line Analytical Process) [Han 01].

Il s'oppose aux approches analytiques transactionnelles offertes par les outils des SGBD. Si de plus on s'intéresse à la composante spatiale des informations, on est en présence d'une approche "Spatial OLAP" ou "SOLAP" (Fig.4).

La distinction entre les deux concepts est fondamentale. L'introduction de la composante spatiale en tant que dimension dans l'analyse, requiert une approche alliant une approche géométrique des objets notamment dans leur relation avec l'espace, avec une approche plus classique, littérale et attributive en rapport avec la thématique de référence. L'analyse spatiale telle que présentée, exige une certaine expertise et expérience des utilisateurs pour prétendre opérer des opérations analytiques cohérentes. Ceci restreint considérablement le panel des personnes ayant la possibilité d'effectuer ce genre d'analyse.

Or, l'analyse spatiale est un besoin exprimé par tous les utilisateurs pour parfaire leurs recherches et décisions. Rendre les procédures et méthodes analytiques des informations à

référence spatiale accessibles au commun des usagers est par essence l'objectif ultime d'une approche SOLAP.

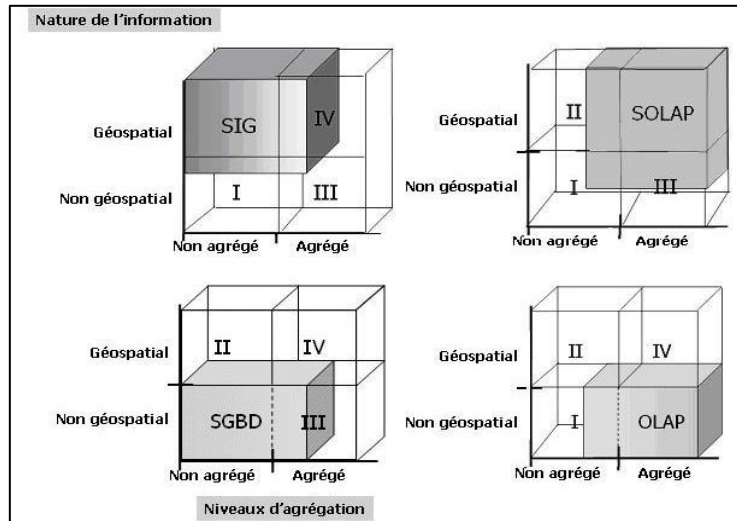


Fig.4. Typologie d'analyse spatiale

Toute fouille spatiale de données est tributaire de l'existence d'un EDS actualisé, stable et cohérent. Elle résulte du besoin d'exploitation des données spatiales dans un but décisionnel pour extraire des connaissances par les moyens exploratoires (Statistiques, fouille, visualisation, ...).

Une application SOLAP se présente comme *"Un type de logiciel qui permet la navigation rapide et facile dans les bases de données spatiales et qui offre plusieurs niveaux de granularité d'information, plusieurs thèmes, plusieurs époques et plusieurs modes d'affichage synchronisés ou non : cartes, tableaux et diagrammes"* [Béd 04].

La technologie SOLAP suggère de nouvelles fonctions d'aide à la décision non disponibles dans les SIG traditionnels ni dans les outils OLAP. Une technologie SOLAP permet la visualisation cartographique des données, la navigation cartographique dans la carte elle-même ou dans les symboles affichés sur cette carte et ceci selon différents types de forage. Dans une technologie SOLAP la création des cartes résultantes des analyses est dynamique, contrairement à certains logiciels de visualisation OLAP (ex. Visualizer de Cognos) où chacune des opérations de navigation spatiales (ex. forage) doit être prédéfinie dans l'application et associée à une carte. Cette limitation de l'OLAP rend plus complexe la mise à jour des données géométriques en répartissant l'information sur plusieurs cartes. L'outil SOLAP gère adéquatement les règles de représentation cartographique des résultats des analyses sur les cartes. [Bim 12]

Par sa définition le SOLAP ne nécessite pas le recourt à un expert pour son utilisation. L'utilisateur peut créer une multitude de cartes différentes par quelques clics. Dans la présentation des résultats, la technologie SOLAP utilise les mêmes règles sémiologiques (ex. couleur, trame, contour) pour l'ensemble des affichages. Cela permet d'avoir une synchronisation visuelle entre les différents modes de présentation de l'information et d'avoir un panorama homogène. La sémiologie graphique utilisée pour les

différents types d'affichage (i.e. tableaux, graphiques et cartes) demeure synchronisée lors d'un forage ou lors d'autres opérations, conservant ainsi une continuité perceptuelle nécessaire à la découverte de corrélations. [Lal 08]

Il existe trois architectures possibles pour un outil SOLAP [Béd 97] (Fig.5).

- i.** OLAP dominant : Ce type de solution procure toutes les fonctionnalités d'un outil OLAP, il est donc implicite qu'une telle solution utilise les capacités d'un serveur OLAP. Par contre cette solution n'intégrera que, peu de fonctions d'un SIG, généralement les fonctions d'affichage, de navigation cartographique et de sélection d'éléments géométriques. Les fonctions d'analyse spatiale, de synchronisation spatiale, etc. ne sont pas disponibles. Certaines fonctions minimales de forage spatial peuvent parfois être offertes et permettent alors de développer des applications SOLAP intéressantes.
- ii.** SIG dominant : Un serveur OLAP peut être simulé à l'intérieur d'une base de données relationnelle par le biais de la modélisation en étoile. Lorsque le volume de données à consulter est peu élevé, cette solution peut s'avérer très avantageuse. Les requêtes peuvent alors être adaptées en fonction des besoins d'un projet particulier, en évitant par exemple de calculer les agrégations non-significatives ou en permettant de joindre les tables impliquées dans les requêtes de manière plus flexible que ne le permettent habituellement les serveurs OLAP. En revanche, cette solution doit inclure, dans la base de données, des éléments permettant de gérer la réalisation d'opérations OLAP telles que le forage et le remontage. Les solutions SIG dominant offrent toutes les fonctionnalités de l'outil SIG, mais seulement un sous-ensemble des fonctionnalités de l'outil OLAP. Cette solution couple une base de données relationnelle simulant un serveur OLAP à un logiciel SIG ou à un outil de visualisation de données spatiales. L'interface graphique à l'utilisateur ainsi que les fonctions de forage tant sémantiques que spatiales doivent alors être programmées.
- iii.** Solution intégrée : Ce type de solution, intégrant les fonctionnalités d'un outil OLAP et d'un SIG, pourrait être qualifié d'application centrée-géospatiale où la référence spatiale des objets est utilisée constamment dans l'exploration et l'analyse des données. Ce type de solution est utile lorsque l'application doit s'intégrer dans un environnement géomatique à fort flux de données. Elle intègre un serveur OLAP et un outil SIG. Il est alors possible de développer une extension OLAP à intégrer au logiciel SIG. Une technologie SOLAP permet quant à elle d'intégrer l'ensemble des fonctionnalités OLAP et SIG, voire de les enrichir. L'interface graphique met à disposition de l'utilisateur des fonctions de forage tant spatial que sémantique, des fonctions d'analyse spatiale, etc. Des outils de navigation cartographique permettent de forer dans les cartes d'une manière synchronisée avec les autres types d'affichages (ex. tableaux et diagrammes).

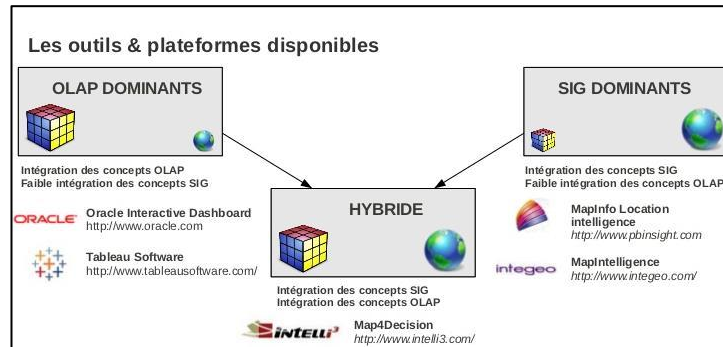


Fig.5. Architecture des solutions SOLAP

Enfin, il faut distinguer les applications SOLAP des technologies SOLAP. Une technologie SOLAP est une technologie générique construite spécialement pour offrir des fonctions SOLAP de base ou plus avancées sans nécessiter d'efforts de programmation. Une application SOLAP est une application métier qui fournit à l'utilisateur un certain nombre de fonctionnalités de type SOLAP et qui peut être construite soit avec la technologie SOLAP, soit avec des combinaisons de technologies non-SOLAP (ex. SIG et OLAP) et du code de programmation maison, ou soit avec d'autres technologies. [Béd 07]

Notre travail est la mise en œuvre d'une application SOLAP "éclairage public" intégrée à un environnement SIG avec l'outil ARCGIS sur le territoire de la ville d'ORAN.

III. Problématique de l'éclairage public à ORAN :

1. Situation actuelle :



Fig.6. Ville d'ORAN

Oran se définit comme une ville moyenne du pourtour méditerranéen (Fig.6). Elle se situe au nord-ouest de l'Algérie, et est considérée comme la deuxième ville du pays. Elle concentre plus de 1.5 Millions d'habitants. Elle s'étale sur une superficie avoisinant les 105 km² et intègre un tissu bâti alliant plusieurs types architecturaux variant de l'arabo-mauresque à l'haussmannien et le moderne.

L'éclairage public pour la ville d'Oran est une problématique courante et au centre de plusieurs préoccupations aussi bien économiques, sociales que politiques. Il existe aujourd'hui une attente forte, exprimée par les populations, en matière d'éclairage urbain. Ces enjeux de l'éclairage urbain en termes de sécurité des biens et des personnes, de sécurité des

déplacements, de valorisation de la cité et de développement économique sont bien compris des Elus et de leurs administrés. Une cité bien éclairée sera plus agréable à vivre, plus attirante pour ses visiteurs et plus affirmée dans son identité nocturne. Aujourd'hui, l'image et le cadre de vie sont des conditions essentielles, d'attractivité pour la cité.

i. L'éclairage public à ORAN :

Oran dispose d'un réseau éclairage public conséquent. Il se compose de :

- plus de 36000 luminaires,
- plus de 3400 armoires de dérivation,
- plus de 847 postes de commande,
- Au-delà de 1980 Km de câble,

Plusieurs opérateurs étatiques et privés sont en charge du réseau de l'éclairage. Le principal opérateur demeure ERMESSE qui régit plus de 60% du réseau de la wilaya d'ORAN et toute la régie de la ville d'ORAN.

Cet opérateur a introduit récemment la cartographie et les outils modernes de gestion dans la gestion du réseau (SIG, GPS,...).

Des pannes fréquentes sont signalées sur le réseau engendrant un mécontentement grandissant de la population du fait de la déficience d'éclairage engendré par les incidents.

Les causes potentielles de ces incidents ne sont pas toujours identifiées. Les opérateurs en charge de la gestion du réseau opèrent selon une politique de maintenance événementielle. En effet, les équipes de maintenance ont pour mission de pallier aux incidents survenus sur le territoire suite à la sollicitation des services de sécurité, services communaux ou des citoyens. Les seules actions entreprises dans cette situation est le remplacement des dispositifs défectueux (Lampe, Luminaire, Armoire, Câble, ...). C'est dans cette optique que nous avons mis en œuvre une application SOLAP pour analyser le réseau, diagnostiquer les causes non évidentes des incidents et décider d'une politique de maintenance adéquate.

ii. Construction de l'EDS 'Eclairage public Oran' :

L'EDS est généré à partir d'une base de données existante en exploitation chez ERMESSE. Il s'agit d'une collection de données géographiques organisées dans un système spécifique (SIG), traitant du thématique éclairage public au niveau de la wilaya d'Oran. Les différentes composantes de la BD sont des couches d'informations structurées autour du territoire et d'entités de référence relatives au thème d'étude. Les principales sont :

- Luminaires : Ensembles des poteaux d'éclairages, avec leurs caractéristiques techniques,
- Armoires : les armoires de distribution de l'énergie auxquelles sont reliés les luminaires,
- Lignes : Câbles de connexion entre les luminaires et les armoires,
- Réseau routier : Ensemble des rues de la wilaya organisées en catégorie, nature, flux, revêtement, ...
- Découpage administratif : Les différentes limites identifiant le territoire des communes, des secteurs urbains et des quartiers.

- Une image satellite SPOT 6 de résolution 1,5 m de mars 2015.

i. Composante de l'EDS :

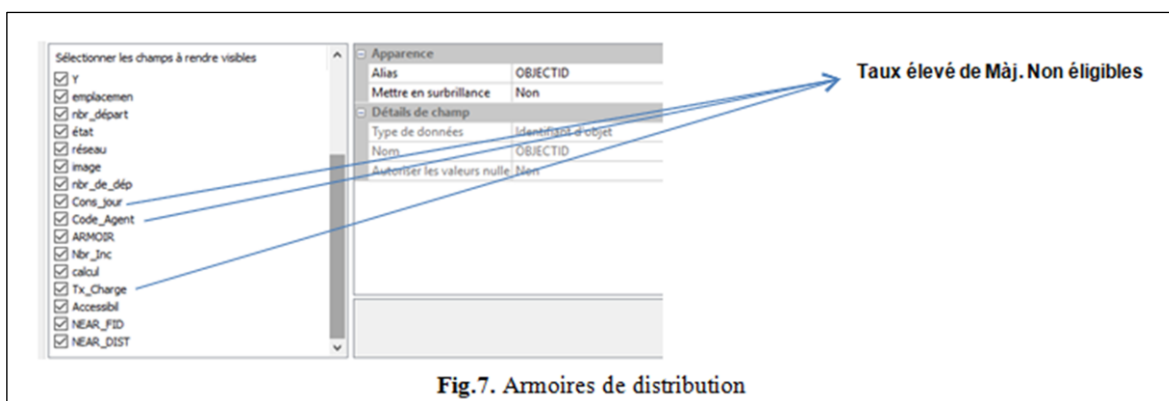
Toutes les entités de référence de la BD du SIG seront représentées dans notre EDS. Toutefois des versions allégées des entités seront produites pour aboutir à un EDS efficace et cohérent. La problématique réside dans le choix des composantes d'entités candidates pour l'EDS. Nous ciblons dans notre approche, la pertinence, la simplicité et la stabilité des informations pour les éléments composant l'EDS. La procédure élaborée vise justement la discrimination des champs des objets pour ne garder que ceux répondant à ces critères.

ii. Stabilité :

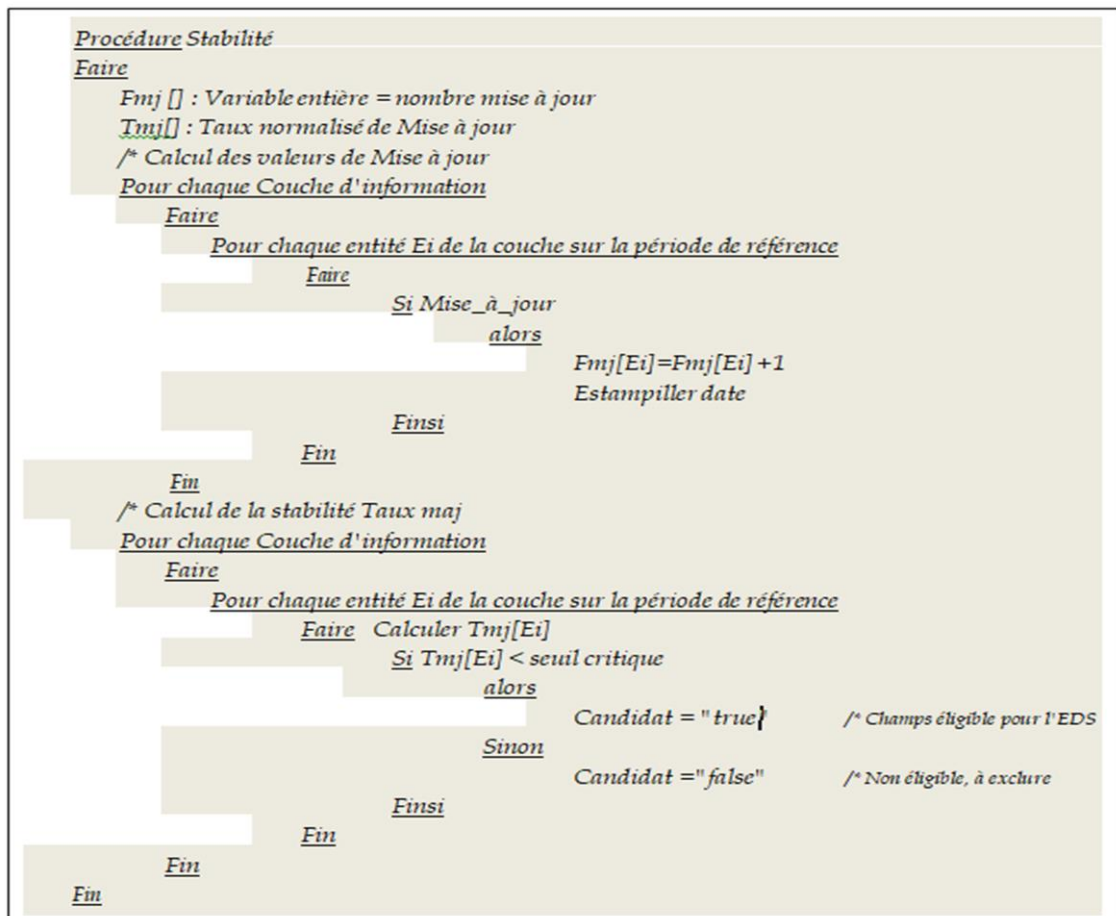
L'EDS concentre des données stables et non volatiles. Ceci suppose des données qui subissent le moins possible de mises à jour et de modifications. La mesure de cette stabilité est assurée par la mise en place d'un drapeau (flag) pour chaque entité dans la BD du SIG, recensant le nombre de mise à jour avec la date de la dernière mise à jour sur une période déterminée (3 mois, 6 mois, ou une année). Une classification normalisée est opérée sur les entités pour calculer un taux de mise à jour. Le taux de mise à jour reflète pour nous la variabilité de l'information et sa stabilité temporelle.

Prenons le cas de l'entité armoire de distribution (Fig.7) :

Les champs : consommation journalière, Code agent et taux de charge sont des entités volatiles ou la variabilité est quotidienne. Ils ne peuvent prétendre intégrer l'EDS. A l'exécution de cette opération nous disposerons d'informations éligibles et d'autres non éligibles pour figurer dans l'EDS. Pour l'utilisateur, les champs non éligibles ne seront pas affichés. Il aura loisir de choisir parmi les composants éligibles ceux qu'il décide de mettre dans l'EDS

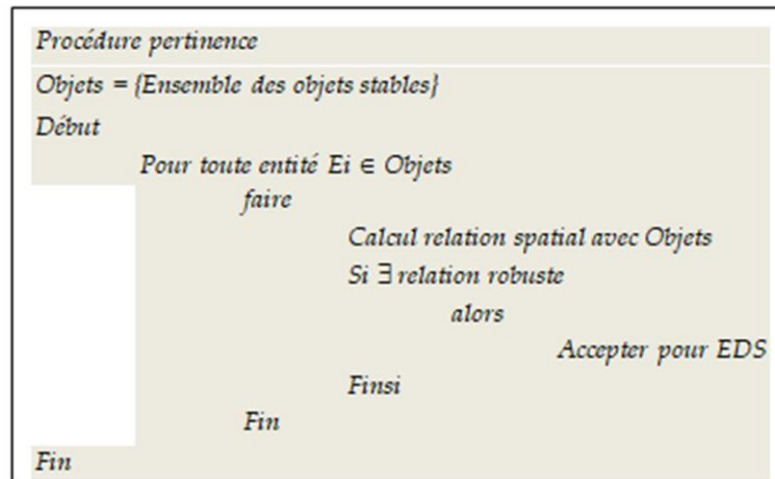


Voici la procédure de Calcul de la stabilité fonctionnelle :



2. Pertinence Spatiale :

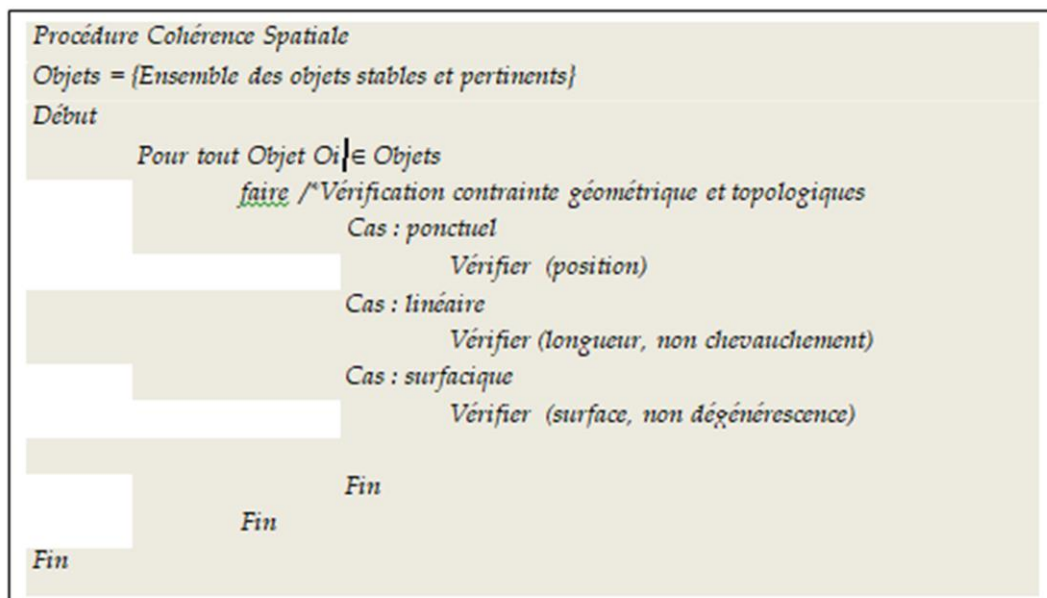
L'objectif de cette propriété est d'identifier parmi toutes les informations éligibles pour l'EDS celles qui seront pertinentes pour l'analyse spatiale à venir. C'est une opération très complexe. En effet, la composante qui n'influence pas un phénomène aujourd'hui peut être prépondérante dans sa variabilité dans le futur. Il s'agit en fait de déterminer les corrélations potentielles existantes entre les objets. Généralement c'est le résultat de l'analyse qui peut amener à soupçonner l'effet d'une composante sur le phénomène. Notre approche focalise initialement uniquement sur les relations spatiales. On détecte les jointures spatiales de type croisement, connexion, proximité et inclusion et on évalue leur avènement significatif. Si la relation est robuste alors on juge l'entité apte à intégrer l'EDS.



Cette procédure est dynamique dans notre choix. On octroie la possibilité à l'utilisateur de réintégrer à l'EDS une composante qui peut échouer dans la procédure Pertinence. Ceci est généralement observé quand l'exécution du SOLAP n'aboutit pas à des résultats significatifs.

3. Cohérence Spatiale :

On entend par cohérence spatiale une expression de la réalité par rapport à sa modélisation spatiale. Il s'agit en fait de déterminer les contraintes géométriques et sémantico-spatiale des objets.



4. Génération de l'EDS :

Les procédures établies précédemment permettent d'épurer les données issues de la BD et de ne garder que celles qui alimenteront l'EDS. Etant donné que nous avons opté pour une solution SIG-dominant, nous assimileront l'EDS à une Géodatabase particulière qui sera injectée dans l'outil SIG.

i. Opérations

SOLAP :

Définition :

Il existe une panoplie d'opérations OLAP permettant la fouille de données. Nous pouvons les regrouper en deux groupes [Vad 10]:

1. Les opérateurs de forage :
 - A. Agrégation (ou Roll-Up) : cette opération concerne le calcul pour une ou plusieurs dimensions. Elle permet de grimper dans les hiérarchies en agrégeant les mesures.
 - B. Forer (ou Roll-down ou Drill-Down) : le drill down est une opération de zoom avant. Il permet d'obtenir une information au niveau de détail plus fin en désagrégeant les mesures.
2. Les opérateurs de coupe :
 - A. Slicing : un slice est une coupe ou un sous-ensemble d'un tableau multidimensionnel. Il permet de se concentrer sur une zone particulière d'un évènement.
 - B. Dicing : le dice est la sélection sur certaines valeurs de la dimension. Il permet de restreindre la dimension de l'hypercube.
 - C. Rotate ou Pivot : cette opération permet de changer l'orientation d'un cube, par exemple en inter-changeant les lignes et les colonnes du résultat.

Dans le cas du SOLAP, ces mêmes opérations déclencheront en plus de la recherche informationnelle, une visualisation cartographique représentant la requête. C'est la transcription de cette action en fonctionnalités SIG qui détermine la spécificité de l'outil SOLAP.

IV. Expérimentation :

1. Fouille et Diagnostic du réseau d'éclairage public :

Une première opération d'agrégation montre que la cartographie du nombre d'incidents par quartier sur une durée d'un trimestre, affiche une certaine disparité entre certains quartiers jugés stables et d'autres très perturbés. Les quartiers "Hai Hamri" et "Hai Ghoualem" sont considérés comme très dégradés (plus de 80 incidents). Les budgets de maintenance sont justement calculés sur les seuils d'incidents et répartis équitablement par quartier de la même classe (Fig.8).



Fig.8. Cartographie des quartiers par nombre d'incidents

Par le biais de l'outil SOLAP développé, en combinant les opérations "pivot" sur la couche "armoires", "forer" et "découper" sur les quartiers, nous pouvons constater que dans le quartier



Fig.9. Etat des armoires de distribution de Hai Hamri



Fig.10. Etat des armoires de distribution de Hai Ghoualem

"Hai Hamri", seul deux armoires de distribution posent problème avec une fréquence élevée d'incidents (Fig.9). Les autres armoires sont relativement stables. En revanche, le quartier "Hai Ghoualem" est dégradé. Une majeure partie de ses armoires de distribution présentent des incidents fréquents (Fig.10).

Ceci montre que la classification des quartiers, opérée par les fonctionnalités classiques du SIG est erronée, et souffre d'imprécision dans le diagnostic effectif de l'état de l'éclairage. Ce constat ne peut être décelé à priori par les outils classiques de l'analyse spatiale. L'avantage qu'offre le SOLAP est de pouvoir naviguer dans des données archivées selon plusieurs dimensions et vues pour aboutir à des constatations non évidentes par une analyse déterministe.

2. Synthèse :

La visualisation rapide des résultats de la fouille des données de l'éclairage a montré les limites des diagnostics déjà arrêtés par la compagnie en charge du réseau. L'affinement des constatations exécutées par les opérations de l'outil SOLAP mis en place permettent de contribuer efficacement à une gestion efficace et rationnelle du réseau et surtout affiner et mieux préciser les décisions qui s'imposent.

V. Conclusion :

L'apport de la fouille de données spatiales en tant que technique, discipline et surtout comme méthodologie, confère une meilleure appréhension des phénomènes ayant un ancrage sur le territoire. Les inductions déductives issues de leur procédure renseignent souvent sur des états et tendances, insoupçonnés et non détectés par les techniques habituelles de l'analyse spatiale trop restrictives et trop déterministes.

L'approche SOLAP développée dans cette expérience, a mis en évidence des connaissances certaines, et capitales pour une gestion efficace du réseau d'éclairage. Le fait notable est que cet outil est rapidement adopté par les responsables du fait qu'il n'exige pas de pré-requis

particulier à son utilisation ni de formation importante. Avec l'apport d'autres informations caractérisant le territoire, l'EDS peut produire une base informationnelle encore plus utile à la fouille de données.

Bibliographie

:

- **[Béd 97]** Y. Bédard, S. Larrivée, M.-J. Proulx, P.-Y. Caron, F. Létourneau, 1997. Geospatial Data Warehousing : Positionnement technologique et stratégique, Rapport préparé pour le Centre de recherche de la défense de Valcartier, Université Laval, 79 pp. 1997.
- **[Béd 07]** Bedard Y., Rivest S., Proulx M.-J., « Spatial On-Line Analytical Processing (SOLAP) : Concepts, Architectures and Solutions from a Geomatics Engineering Perspective, Dans : Robert Wrembel & Christian Koncilia (ed(s)), Data Warehouses and OLAP : Concepts, Architectures and Solutions, Chap.13», IBM Press-Idea Group, 2007.
- **[Béd 10]** Bédard, Y., 2010, Le géodécisionnel: origine, évolution, état de l'art, enjeux, R&D, 29 octobre, École Nationale Supérieure des Mines de Paris – Centre de recherche sur les Risques et les Crises, Sophia-Antipolis, France
- **[Bim 12]** Bimonte S., Bertolotto M., Gensel J., Boussaid O., « Spatial OLAP and Map Generalization : Model and Algebra.», IJDWM, 2012 a.
- **[Frk 92]** C. Franklin, 1992. An Introduction to Geographic Information Systems : Linking Maps to Databases. Database, April, pp. 13-21.
- **[Han 01]** J. Han, M. Kamber, 2001. Data Mining : concepts and Techniques, Morgan Kaufmann Publisher, Inc, 2001.
- **[Inm 10]** Immon W.H., Building the datawarehouse, WILLEY, 1992. Lu C.-T., Tan X., Chawla S., Shekhar S., Vatsavai R. R., « MapCub : A visualisation tool for spatial data warehouses », Geographic Data Mining and Knowledge Discovery, London : Taylor and Francis, 2000.
- **[Lal 08]** "Le Géodécisionnel, Les SIG au service du géodécisionnel". Projet Bibliographique Dans le cadre du Mastère ASIG. Ecole Nationale des Sciences Géodésiques. France 2008.
- **[Vad 10]** Marie-Dominique Van Damme: Entrepôts de données dans le domaine spatial pour l'inventaire forestier. Mémoire pour le diplôme d'ingénieur c.n.a.m. en informatique. Conservatoire National des Arts et Métiers Cnam – Région Centre. Centre d'Enseignement Principal d'Orléans. Septembre 2010.

«Implantation d'une nouvelle pratique en matière de mobilité durable en milieu urbain – Etude réaliste d'un processus dédié à la mise en place d'un service de transport à la demande spécialisé : Etude de cas. »

Nadjet BRAHMIA ¹

1. Modélisation des Phénomènes Spatiaux, Département des Systèmes d'Informations à Référence Spatiale (SIRS), Centre des Techniques Spatiales (CTS) 1 Avenue de la Palestine, Boite postal 13- 31200 – Arzew – Oran – Algérie

nadjet_br@yahoo.com, nbrahmia@cts.asal.dz

Résumé — Les systèmes d'information géographique dans le domaine des transports s'avèrent comme des systèmes d'aide à la décision très utiles pour les décideurs et les gestionnaires du secteur de transport. L'aire d'étude dans ce travail a concerné l'agglomération d'Oran, le choix de cette zone est dû essentiellement à la disponibilité des données d'une part et sa proximité d'autre part.

Dans le contexte d'améliorer la qualité de service du système de transport actuel, on propose d'intégrer un mode de transport innovant à ce dernier, on parle sur le service de transport à la demande spécialisé. L'idée de mettre en place un tel service provienne foncièrement à partir des cas concrets, réalisés dans un cadre international, notamment dans les pays les plus avancés en domaine de transport. Les données nécessaires sont bien structurées au niveau d'une base de données et ceci selon un modèle conceptuel de données cohérent et plus approprié.

Le résultat se présente sous la forme d'une application visée à l'accomplissement d'une série de calculs routiers effectués à l'aide du module Network Analyst d'ArcGis, tels que : Le calcul du plus court et plus rapide chemin, la gestion des tournants, la détermination de l'infrastructure la plus proche, le calcul de zones de service.

Mots-clés — SIG, service de transport à la demande spécialisé, base de données, modèle conceptuel de données, Network Analyst d'ArcGis.

I. INTRODUCTION

Les déplacements des personnes sont devenus des enjeux majeurs pour assurer un développement durable de toute ville quel que soit ses caractéristiques et ses particularités, ceci est souvent souhaité par les élus locaux [GAILLARD, 2008]. Dans la vie quotidienne, des millions d'utilisateurs utilisent les systèmes de transport quel que soit leur type. Dans les zones urbaines à forte densité de population, ces systèmes transportent un nombre de personnes de plus en plus important, représentant ainsi un service indispensable dans la vie des utilisateurs. En parallèle, la profonde mutation en termes d'augmentation du nombre de citoyens qu'ont connue les grandes villes Algériennes ces dernières années, impliquent par conséquent un fort usage d'automobiles, cette mauvaise situation pose des problèmes aigus, tant sociaux qu'économiques et environnementaux.

Tandis que le transport collectif reste toujours le dernier moyen à user par les voyageurs [DEZOU] malgré l'entrée d'un mode plus flexible et plus confort qui est celui du tramway. [Alstom] [SDTU, 2004].

Aujourd'hui, la Wilaya d'Oran à l'instar des autres villes importantes d'Algérie, n'arrive pas à satisfaire les besoins de ses citoyens en matière d'offre des moyens de déplacement les plus adéquats en tout moment [GAILLARD, 2008], et pour toute catégorie de personne y compris les personnes à mobilité réduite [CERTU, 2006], ceci est due essentiellement à la mauvaise gestion du système de transport que les gestionnaires du secteur de transport abordent jusqu'à maintenant.

Tous les problèmes générés relatifs à la planification urbaine d'une part et aux transports d'autre part tels que : la congestion, les accidents, les embouteillages, ...etc. sont actuellement abordés d'une manière plus moderne, et dotés de moyens et techniques plus riches, néanmoins, ils souffrent constamment de manque de structure cohérente, à cet effet, des modèles plus divers s'avèrent essentiels à adopter [NGUYEN, 2010], visés notamment à certaines catégories de voyageurs apparentes ignorés du système de transport actuel jusqu'à maintenant, on parle sur les personnes à mobilité réduite [CERTU, 2006].

Avec le développement des technologies de l'information et de la communication [SCHNEUWLY, 2010], les exploitants de transport cherchent à développer des outils informatiques bien définies, dédiés à l'amélioration de la qualité du service offert aux usagers de transport. Ces outils concernent l'établissement de l'offre prévisionnelle de transport et son réajustement progressif par rapport à la demande.

Les pays plus avancés dans le domaine du transport [ALLEMANT, 2007] [CASTEX, 2007], ont opté les services de transport à la demande spécialisé (TADS) comme la solution la plus appropriée pour mettre à la disposition de certaines catégories d'usagers un moyen de déplacement plus flexible, plus confort et au même temps moins coûteux [BRETON, 2001], c'est une solution rationnelle et relativement simple à mettre en œuvre dédiée aux espaces urbains, interurbains ou ruraux, vouée à satisfaire les besoins des usagers en termes de déplacement. [GAILLARD, 2008] [CESEC, 2003] Le sujet abordé en cet article vise à étudier une problématique plus originale, liée à l'application des TADS dans l'organisation du transport routier qui se caractérise par un manque certain d'aménagement, ainsi que des carences en termes de gestion, impliquant par conséquent des difficultés progressives dans le déplacement au niveau de la wilaya d'Oran [GAILLARD, 2008] [SDTU, 2004].

L'objectif principal recherché en cette étude est d'étudier la possibilité de mettre en place un service de transport à la demande spécialisé au niveau de la Wilaya, on s'inspirant à partir des cas réels réalisés avec succès dans un cadre international [BRETON, 2001] [CASTEX, 2007].

Un tel objectif ne pourra être atteint que par la réalisation d'une modélisation apparente la plus adéquate pour le service à concevoir [SCHNEUWLY, 2010]. Cette modélisation permettra d'effectuer une analyse globale de la situation projetée du réseau de transport [SCHNEUWLY, 2010] [SDTU, 2004], de ce fait, on fait appel aux techniques et outils de la Géomatique (SIG, BDG, ...etc.) dont l'usage [Martin, 2004], permettent d'offrir un nombre important d'applications géographiques [NGUYEN, 2010], constituant ainsi le support essentiel pour tous types de problèmes d'analyse de données spatiales [Affaires municipales, 2004] [BRAHMIA, 2010]. Ces applications nécessitent non seulement des niveaux de détail

différents de l'information géographique, mais aussi une connaissance quasi parfaite du domaine, ce qui nécessite impérativement la collaboration des gens de métier dans le domaine en question [Affaires municipales, 2004] [NGUYEN, 2010].

L'utilité d'implantation d'un service de TADS ne se limite pas à une recherche bibliographique, mais s'étale au-delà, cet aspect est développé le long de cet article, où il s'agit de créer une application orientée vers la régie d'un TADS à travers l'usage des outils de Géomatique [Martin, 2004].

II. TADS

Les transports à la demande (TAD) peuvent se définir comme : des « transports terrestres collectifs individualisés de personnes, activés seulement à la demande ». [PANORAMA, 2014] [Site 1]

Les TADS se considèrent comme un type de TAD [Site 1], ils sont exclusivement réservés à certaines catégories de personnes, par exemple les personnes âgées, les femmes enceintes, ...etc. [BRETON, 2001] Par conséquent, certaines collectivités, associations ou encore les entreprises ont perçu dans le TADS une solution plus qu'adéquate pour faciliter les déplacements de ces catégories de personnes, qui sont vraiment délaissées par les services de transport réguliers. [GAILLARD, 2008]

III. DESCRIPTION DE LA ZONE D'ETUDE

L'application réalisée se base sur des données associées à la wilaya d'Oran, qui est une wilaya méditerranéenne, située à 432 Kms à l'ouest de la capitale d'Alger. Oran est limitée au nord par la méditerranée, à l'ouest par la wilaya de Ain-Temouchent, au sud par les wilayas de Sidi-Bel-Abbès et Mascara, et à l'est par la wilaya de Mostaganem. Le nombre d'habitants est estimé à 1213839 pour une superficie de 2114 Km². L'aire d'étude retenue couvre deux communes faisant partie du périmètre urbain oranais. Il s'agit des communes d'Oran et de Bir El Djir. Dans le choix de la zone d'étude, on a pris en considération plusieurs facteurs : La disponibilité des données géographiques au niveau de cette zone, la densité de la population (ces deux communes sont marquées par la plus forte densité de population en les comparant avec les autres communes de la wilaya), le déplacement d'employés, et l'emplacement des équipements (publics et étatiques).

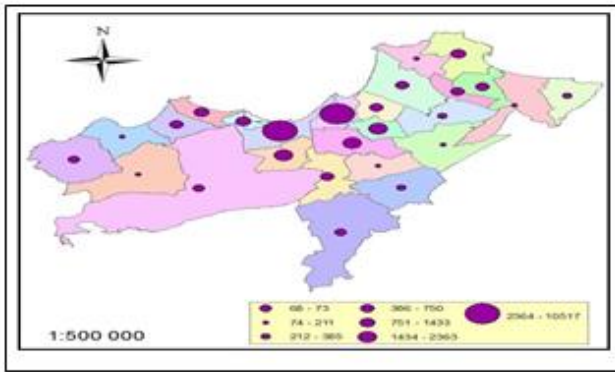


Figure 1. Densité de la population Oranaise

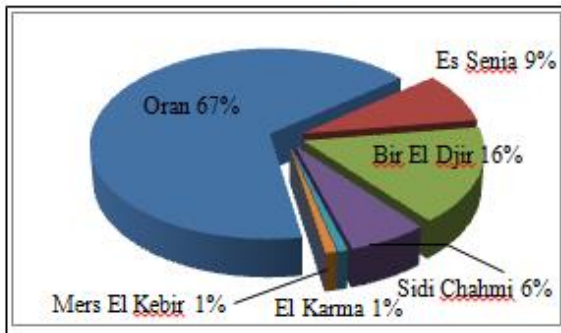


Figure 2. Distribution des employés Oranais



Figure 3. Emplacement des équipements au niveau d'Oran

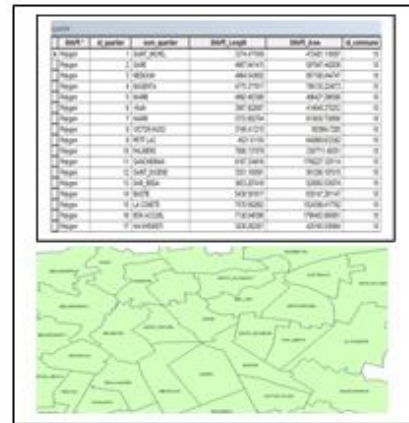


Figure 4. Limites quartier d'Oran

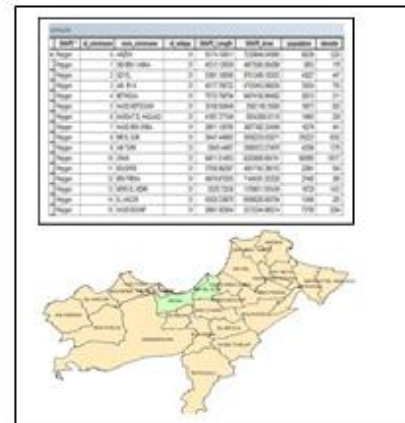


Figure 5. Limites communales d'Oran

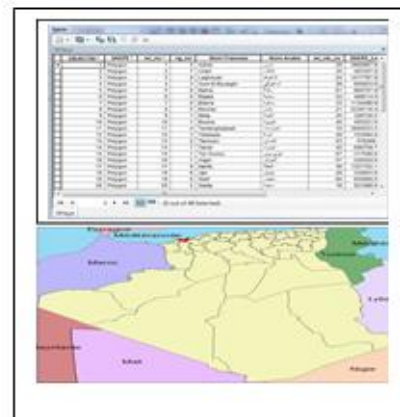


Figure 6. Limites wilaya d'Algérie

IV. CHOIX DES SOLUTIONS LOGICIELLES

Dans le cadre de la mise en place de l'application dédiée à la gestion des données associées au service de TADS, la plateforme logicielle se base essentiellement sur l'environnement des SIG, notamment l'ArcGis.

Le type d'application conçue est adapté à un public spécifique, de ce fait, l'interface doit forcément être créée pour exécuter les différentes fonctions SIG en les transmettant à de nombreux utilisateurs qui ne sont pas familiers avec les SIG.

Or, on fait appel à un outil de programmation qui s'adapte au mieux au SIG particulièrement au ArcGis, et qui a l'opportunité d'offrir les fonctions les plus courantes nécessaires à personnaliser l'application suite aux besoins à satisfaire, on parle alors du Visual Basic pour Application, le langage de programmation usité en ce contexte.

Ce langage s'avère comme un environnement de programmation basé sur des objets, conçus pour offrir des capacités de développement plus étendues, il s'exécute dans le même espace de processus où s'exécute ArcGis, par conséquent, il offre un environnement de programmation plus rapide et plus compatible avec ArcGis. [Site 2] En ce qui concerne les applicatifs accomplis permettant les calculs routiers, on a usité le module Network Analyst, c'est une extension performante qui permet une analyse spatiale associée au réseau incluant des calculs d'itinéraires, de feuilles de routes, des recherches de proximité, des calculs de zones de desserte et génère un tableau origine-destination grâce à un modèle de données réseau sophistiqué. [Site 2]

Il permet aux utilisateurs de modéliser de façon dynamique les conditions relatives au réseau réaliste, y-compris les restrictions de tournant, des limitations de vitesse, des restrictions de hauteur, et des conditions de circulation à différentes heures de la journée.

Ce module se déploie dans de nombreux secteurs, tels que : les transports, la logistique, la santé, la sécurité publique, l'éducation, les services publics, les institutions locales et le commerce.

En outre, suite à l'usage de l'ArcGis Network Analyst, on peut faire :

- L'analyse de la durée du trajet.
- L'acheminement point à point.
- Les directions d'acheminement.
- La définition des zones de desserte.
- Le chemin le plus court.
- L'itinéraire optimal.
- La recherche de proximité.
- La matrice Origine-Destination (OD).

Les utilisateurs nécessitant une analyse de haute qualité du réseau et des itinéraires basés sur des données routières urbaines peuvent tirer parti de ce module

V. DEMARCHE SUIVIE

La première étape consiste en l'élaboration du schéma conceptuel de données y-compris son dictionnaire de données [Cours, 2014] [DEVOGELE, 1997], une telle étape vise à préparer la phase relative à la création de la base de données TADS.

Le schéma conceptuel de données élaboré comporte essentiellement douze classes d'entité, à savoir : Voyageur, Réservation, Tournée, Ad_Départ, Ad_Arrivée, Chemin, Véhicule, Dépôt, Route, Quartier, Commune, Wilaya et onze associations qui leurs relient (Figure7).

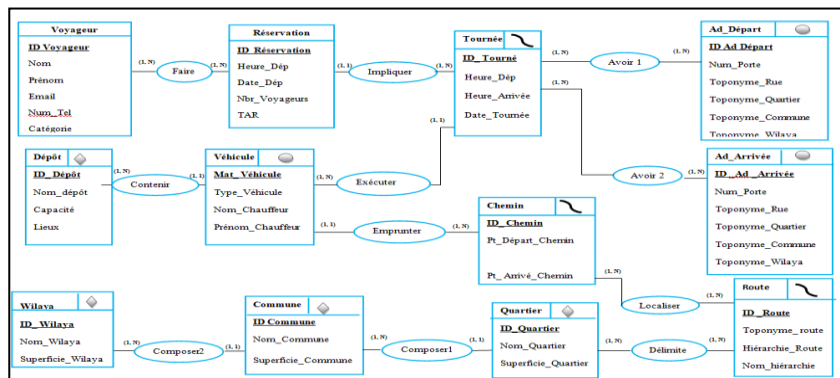


Figure 7. Schéma conceptuel de données relatif au service de TADS

La deuxième étape est consacrée à la Création de la base de données «BD_TADS ». Une base de données « BD_TADS » s'avère comme une partie de la « BD_TAD » [Site.1], qui permet de structurer et d'organiser différents types de données relatives au réseau de transport et celles associées à ses utilisateurs qui les usent dans leurs prise de décision.

Une telle base de données prend en considération que certaines catégorie de personnes tels que : les personnes handicapées, personnes âgées, femme enceintes, ...etc. et c'est la raison pour laquelle provient la notion de TAD spécialisé.

La BD_TADS a pour objet l'offre des différentes informations essentielles dans la réalisation des actions des gestionnaires et administrateurs de la structure de transport, permettant ainsi de déduire les bonnes décisions dans les meilleurs délais.

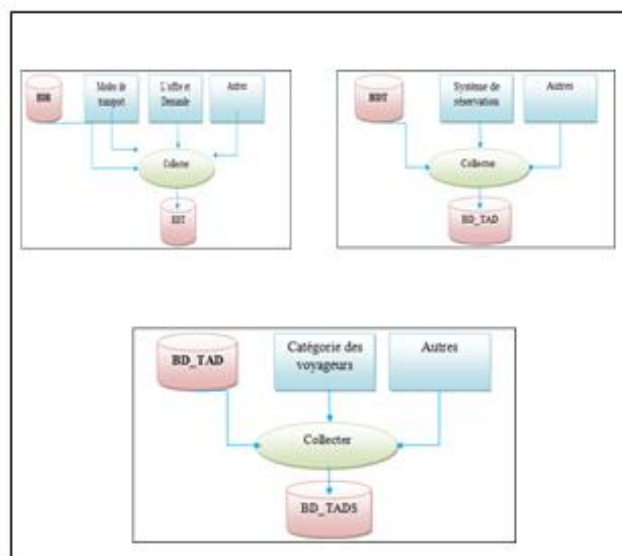


Figure 8. La base de données « BD_TADS »

Dans ce cadre, on a créé des jeux de classes d'entités (ponctuelles, linéaires et zonales) dans une géodatabase qu'on a nommé « TAD_Spécialisé ». Avant de transformer ou importer les différentes couches (classes d'entités et images) vers cette géodatabase, on a mis toutes les couches utiles dans le même système de projection, à savoir le système « WGS 1984 UTM Zone 30N ». Les classes d'entités importées sont : L'emplacement des équipements publics (ponctuels), le réseau routier (linéaire) et la zone (zonale). Il s'agit ensuite de créer les nouvelles classes d'entités en spécifiant les attributs relatifs à chaque entité, ceci selon le MCD construit au préalable, puis l'affectation de chaque entité selon sa représentation géométrique (ponctuelle, linéaire ou zonale) vers sa classe d'entités convenable.

La troisième étape vise à la création du jeu de données réseau, pour se faire, on a inséré comme couches en entrée : la couche du réseau routier et la couche tournant, ArcCatalog a permis de créer le jeu de données réseau ND_Route, sur lequel on pourra établir des calculs réseaux. Une fois le jeu de données réseau est créé, on procèdera à la création proprement dite du réseau. Il en résulte la création des entités suivantes : La jonction : Cette entité représente les points d'intersection des différents tronçons, la route : Une restructuration de la couche réseau routier a été créé sous forme d'arrêtes qui correspondent à un découpage du réseau selon les intersections des tronçons, les tournants : peuvent maintenant participer au jeu de données réseau en spécifiant les restrictions concernant le sens de circulation.

L'étape suivante est dédiée à l'ajout des champs d'impédance, dans ce cas, plusieurs champs de coût peuvent être créés : Shape_Length : ce champ est calculé automatiquement par ArcGis [Site 2] , il représente la longueur du tronçon, la vitesse : représente la vitesse moyenne sur le tronçon, les valeurs prises par cet attribut correspondent aux classes de la hiérarchie relative au réseau routier, Car_Minute : représente le temps de parcours du tronçon, les valeurs de cet attribut sont le résultat de la division du champ « Shape_Length » par le champ « Vitesse ».

La dernière étape vise à la personnalisation du menu de l'application (Figure 9). La barre principale des menus de l'application conçue est assez exhaustive, du faite qu'elle contient les menus nécessaires à la gestion des données relatives au service de transport à la demande spécialisé [BRETON, 2001] [NGUYEN, 2010]. Dans ce cadre, l'interface réalisée a pour objets : L'accès direct aux informations désirées, une communication plus rapide entre l'utilisateur profane et l'interface d'où l'appellation « interface Homme-Machine », l'affichage des résultats variés obtenus suite à quelques analyses effectuées...etc. L'interface conçue contient en plus des menus standards d'ArcMap, une innovante barre contenant des menus programmés indispensables à la gestion du service de TADS, tels que : "Fichier", "Zone_Etude", "Dépôt", "Equipement", "Réservation", "Gestion_BD_TADS", "Etalage et Analyse", "A Propos".



Figure 9. Barre principale des menus de l'application

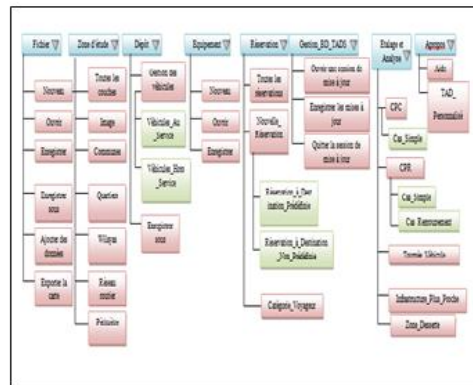


Figure 10. Les différents modules de l'application

VI. DESCRIPTION DÉTAILLÉE DES MODULES DE L'APPLICATION

Du fait que l'application conçue est dédiée aux gestionnaires du secteur de transport, dont la plupart ne sont pas professionnels dans la manipulation des outils de Géomatique de haute performance tels que les SIG [BRAHMIA, 2010], notamment l'ArcGis et les BDG [Site 2] [Martin, 2004], la conception d'une interface personnalisée dédiée à la gestion et la manipulation des données relatives au TADS s'impose pour que ces derniers auront la possibilité d'y accéder aux traitements qu'offre cette application [NGUYEN, 2010], qui se lance dès qu'on active ArcMap, à son niveau on a deux choix qui sont bien exprimés par deux boutons dont la fonctionnalité se diffère : Un premier bouton qui sert à avoir « Menu personnalisé TADS » objectif de ce point, et un second bouton qui permet à la fois l'affichage des menus standards et des menus programmés relatifs au TADS.



Figure 11. Interface de démarrage de l'application

Dans ce qui suit, on vous exprime en détail la fonctionnalité de chaque menu programmé :

A. Menu "Fichier" : Est le menu courant, permettant les fonctions d'ouverture, d'enregistrement, d'ajout, d'exporter, ...etc.

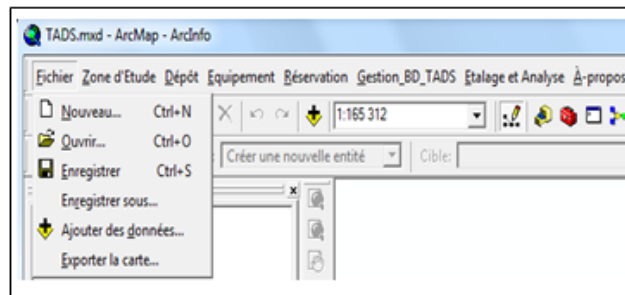


Figure 12. Menu "Fichier"

Menu "Zone_Etude" : Ce dernier se décompose lui-même en sept sous menus, à savoir :

- Toutes les couches.
- Image satellite.
- Communes.
- Quartier.
- Wilaya.
- Réseau Routier.
- Périmètre_Etude.

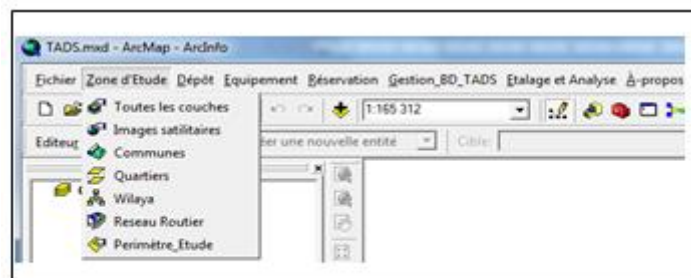


Figure 13. Menu "Zone_Etude"

En choisissant le sous menus « Périmètre_Etude », une autre fenêtre s'ouvre afin d'afficher le choix fait concernant la cible de travail, en cliquant sur le bouton « Ok » de la fenêtre, on aura l'affichage du périmètre d'étude désiré.

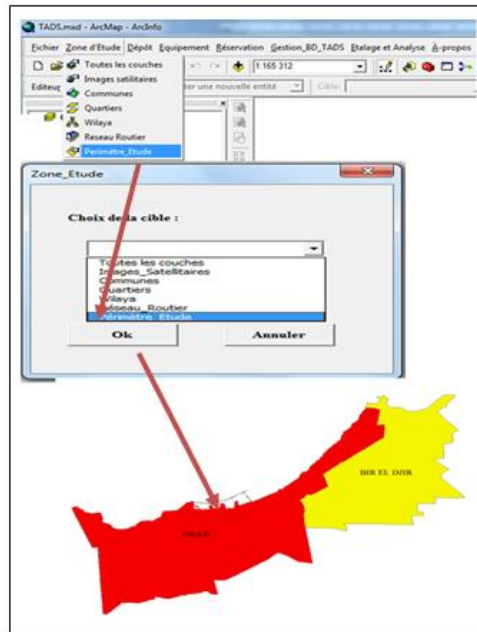


Figure 14. Exemple de choix d'une cible de travail

B. Menu "Dépôt" : Ce menu se décompose lui-même en deux sous menus, à savoir

- Gestion des Véhicules : Permet d'illustrer les véhicules au service, ainsi que les véhicules hors service.
- Tous les dépôts : Permet l'affichage de tous les dépôts contenus dans le périmètre d'étude.

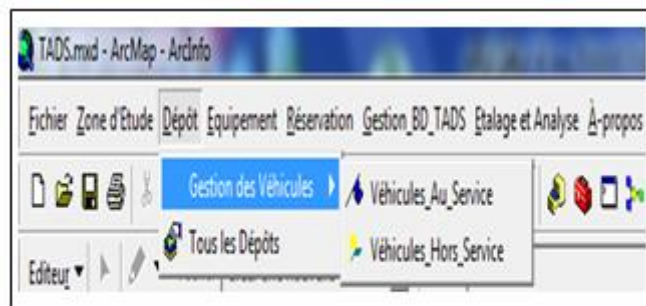


Figure 15. Menu "Dépôt"

- Menu "Equipement" : Ce menu se décompose lui-même en trois autres sous menus, à savoir :
 - Tous les équipements : Permet d'accéder à tous les équipements publics et privés.
 - Equipements_Publics : Permet d'accéder uniquement aux équipements publics.
 - Equipements_Privés : Permet d'accéder uniquement aux équipements privés.



Figure 16. Menu "Equipement"

- Menu "Réservation" : Ce menu se décompose lui-même en trois sous menus, à savoir :
 - Toutes les réservations : Permet d'afficher toutes les réservations effectuées.
 - Nouvelle_Réservation : Permet la saisie d'une nouvelle réservation soit à destination prédéfinie, soit à destination non prédéfinie.
 - Catégorie_Voyageur : Permet de choisir la catégorie de la personne à transporter.



Figure 17. Menu "Réservation"

- Dans le cas d'une réservation à destination prédéfinie, le voyageur doit indiquer à l'opérateur (trice) son lieu de départ, lieu d'arrivée, la date de déplacement et l'heure souhaitée. En plus, il doit préciser s'il s'agit d'un aller simple ou bien il souhaite de même programmer son retour. En ce cadre, le déplacement du voyageur ne sera assuré sauf si l'une des sociétés de taxis est disponible.
 - Un tel déplacement se définit comme un trajet direct entre un point de départ et un point d'arrivée, pour ce type de réservation l'opérateur peut regrouper des réservations en cas d'un même trajet.
 - Tandis que dans le cas d'une réservation à destination non définie, le voyageur doit indiquer à l'opérateur (trice) son lieu de départ, la date du déplacement, le motif d'arrivée, la différence qui existe entre ce type de réservation et le type précédent est que le lieu d'arrivée n'est pas prédéfini ainsi que l'heure d'arrivée souhaitée, de ce fait, l'opérateur (trice) choisira la destination la plus proche pour ce voyageur, qu'il doit comme dans le type précédent préciser s'il s'agit d'un aller simple ou s'il souhaite programmer également son retour.
- C. Menu "Gestion BD_TADS" : Ce menu permet d'accéder aux données de la BD transport à la demande spécialisé afin de faire des opérations de mise à jour.

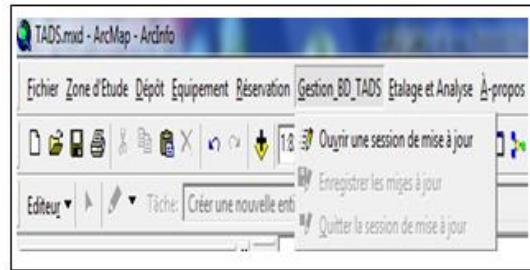


Figure 18. Menu "Gestion_BD_TADS"

D. Menu "Étalage et Analyse" : Ce menu se décompose lui-même en cinq sous menus, à savoir :

- CPC : Permet de rechercher le plus court chemin dans le cas simple (différents trajets).
- CPR : Permet de rechercher le plus rapide chemin dans deux cas distincts : cas simple et cas de regroupement (même trajet).
- Tournée_Véhicule : Permet d'afficher la tournée de véhicule pendant toute la mission.
- Infrastructure_Plus_Proche : Permet de trouver l'infrastructure la plus proche par rapport à une adresse donnée.
- Zone_Desserte : Permet de déterminer les aires de services autour la localisation du dépôt.



Figure 19. Menu "Étalage et Analyse"

E. Menu "A Propos" : Ce menu se décompose lui-même en deux sous menus, à savoir :

- Aide : Permet de donner des informations sur l'usage de l'application.
- TADS_Spécialisé : Permet d'afficher l'interface du démarrage de l'application conçue.



Figure 20. Menu "A_Propos"

VII. RESULTATS ET ANALYSE

Dans la mesure où les services de TADS servent à la gestion des déplacements de certaines catégories de personnes, de tas de cas d'analyse persistent. On s'est limité à la présentation des cas suivants :

- A. Cas 1 : Réservation à une destination prédéfinie, en choisissant le sous menus « CPC », on aura la possibilité de calculer le chemin le plus court dans le cas simple, ce calcul s'effectue sur le réseau routier. Si on prend l'exemple de trois voyageurs, qui ont fait trois réservations sur différents trajets, dont les points de départ et d'arrivée sont illustrés comme suit :
- Le premier voyageur : Point de départ (Maison1), point d'arrivée (Hôpital universitaire).
 - Le deuxième voyageur : Point de départ (Maison2), point d'arrivée (Siège de la wilaya).
 - Le troisième voyageur : Point de départ (Maison3), point d'arrivée (Gare SNTV).
- Dans ce cas, le meilleur itinéraire en termes de distance pour chacun des voyageurs est bien illustré dans la figure 21 - cas 1.
- B. Cas 2 : Réservation à une destination prédéfinie, en choisissant le sous menus « CPR », on aura la possibilité de calculer le chemin le plus court dans le cas simple, et celui du cas de regroupement.
- En prenant le même exemple, en modifiant juste l'attribut d'impédance, en lui affectant la valeur « temps_véhicule », on aura comme résultat pour le cas simple, celui affiché dans la figure 21 – cas 2.
- D'après les deux résultats obtenus pour le même exemple et dans le même cas choisi, on conclut que le calcul du plus court chemin peut assurer l'économie du carburant utilisé pendant le trajet, alors que le chemin le plus rapide peut suivre la hiérarchisation du réseau et de suivre les grands boulevards pour assurer un voyage dans un temps optimum.
- C. Cas 3 : Passant maintenant vers le cas de regroupement, dans lequel plusieurs voyageurs ont le même trajet, dans ce cas on affiche le signe (+) au fait de la montée des voyageurs et le signe (-) pour le fait de la descente, par conséquent, on aura le résultat affiché dans la figure 21 – cas 3.
- D. Cas 4 : En cliquant sur le sous menu « Tournée_Véhicule », on aura comme affichage, celui illustrée dans la figure 21 – cas 4.
- E. Cas 5 : Réservation à destination non prédéfinie, si on prend l'exemple d'une personne (A) qui a pour destination un hôpital non désigné, le fait de choisir le sous menu « Infrastructure_Plus_Proche », on aura la possibilité de faire le trajet vers l'infrastructure la plus proche par rapport à son adresse de départ.

VIII. Supposant que l'adresse de départ de cette personne se situe sur l'entv, on aura comme affichage, celui démontré dans la figure 21 – cas 5.

Cas 6 : En cliquant sur le sous menu « Zone_Desserte », le calcul d'aires de services associés aux deux dépôts situés réciproquement dans la commune d'Oran et de Bir Eldjir se déclenche, permettant ainsi de déterminer la surface que le véhicule peut couvrir, ceci sera dans un temps de 5 minutes au maximum, ceci est bien démontré dans la figure 21 – cas 6.

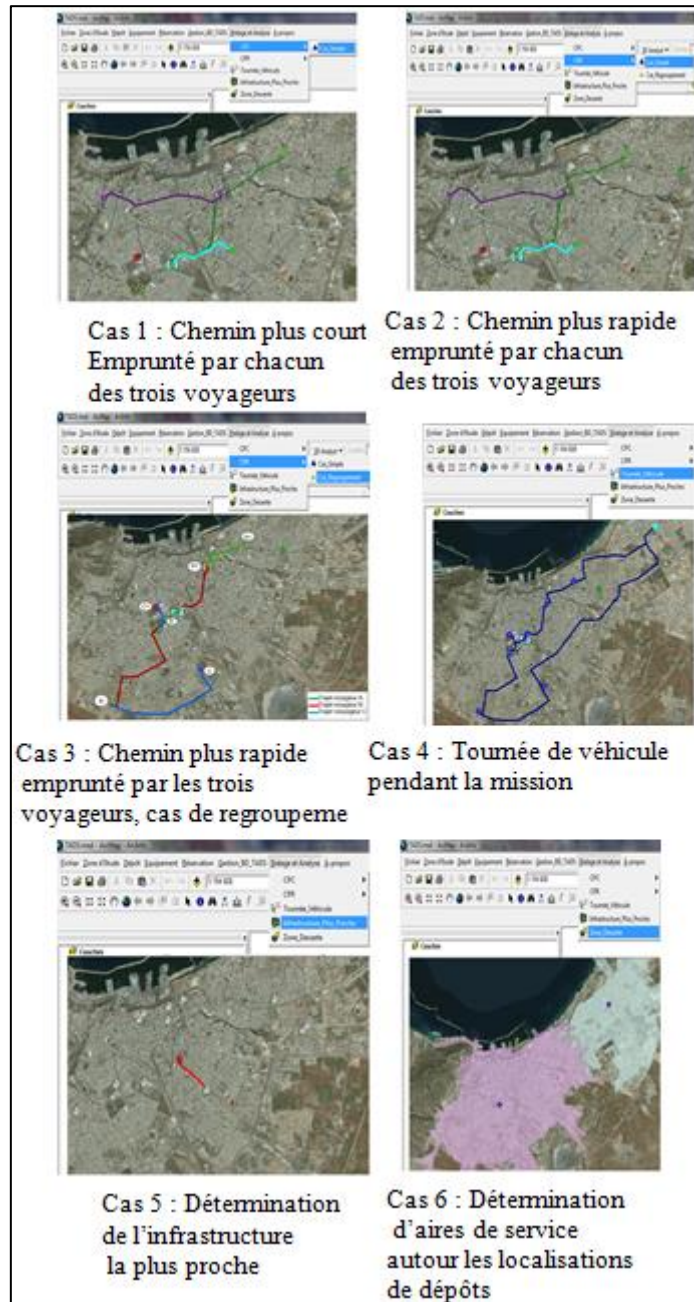


Figure 21. Les différents cas d'analyse

IX. CONCLUSION

En ce volet, on a pu découvrir comment faire la modélisation d'un service de transport à la demande spécialisé, en outre, l'objectif souligné qui consiste à concevoir une application dédiée au maniement des données routières urbaines relatives au secteur de transport [NGUYEN, 2010], une telle application s'avère comme un outil de taille pour les gestionnaires du domaine d'étude.

La gestion de ces données s'effectue à travers d'une série de calculs routiers comme : le calcul du plus court et plus rapide chemin, la gestion des tournées de véhicules, la détermination de l'infrastructure la plus proche, le calcul des zones de services, par conséquent la tâche de prise de décision sera plus facile.

La manipulation de l'application est gérée à l'aide d'une interface conçue en ce sens, permettant aux divers utilisateurs non familiarisés de l'utiliser commodément, cette interface est à la fois facile à manipuler et à mettre à jour dans les travaux postérieurs [NGUYEN, 2010].

Les requêtes déterminées dans l'application conçue sont établies selon un but illustratif, permettant ainsi l'évaluation de la capacité des données modélisées et introduites.

A l'aide du module Network Analyst d'ArcGis [Site 2], on a procédé au développement d'applicatifs de calculs routiers.

Ces applicatifs pourraient faciliter la gestion de TADS, en offrant ainsi des moyens d'analyse et d'aide à la décision d'une utilité considérable pour les gestionnaires du transport en général, et à l'axe de recherche relatif au transport à la demande spécialisé en cas particulier.

Les résultats obtenus sont sous la forme de produit concret de gestion et de manipulation de données routières et de transport, dédiés à satisfaire les besoins relatifs à des services divers.

Ces résultats obtenus suite aux applicatifs de calcul routier peuvent ouvrir d'autres perspectives : servir à d'autres secteurs en relation avec les transports, intégrer des modes de transport innovants au système de transport actuel en prenant en considération d'autres catégories d'usagers différentes de celle traitée en ce volet, ou bien mettre à la disposition du grand public différents types d'applications traitant d'autres problématiques liées au secteur de transport en les diffusant sur internet.

Suite aux technologies de l'information et de la communication qui se progressent jours après jour, prenant ainsi une place plus prépondérante dans la vie quotidienne, on propose comme perspective la gestion des services et équipements routiers urbains via l'implémentation d'un processus dédié à la mise en place d'une ville intelligente, qui fait appel à l'innovation qu'offrent les systèmes de transport intelligents. Une telle gestion est visée pour rendre les infrastructures existantes plus intelligentes, communicantes, adaptables, durables et plus efficaces, automatisées pour améliorer la qualité de vie des citoyens, dans le respect de l'environnement.

X. Remerciements

L'auteur tient à remercier le grand Dieu de lui avoir donné la force et la persévérance pour terminer cet article.

XI. Bibliography

[Affaires municipales, 2004] Affaires municipales, Sport et Loisir Canada : Développement et gestion de la géomatique par les organismes municipaux Guide à l'intention des élus et des gestionnaires municipaux, Octobre 2004.

[ALLEMAND, 2007] ALLEMAND.L : Le TAD en France piste de réflexion pour favoriser son développement et optimiser son exploitation, master TURP, 2007.

[Alstom] Alstom transport, réalisation de la première ligne du tramway d'Oran.

[BRAHMIA, 2010] BRAHMIA.N, la planification des déplacements urbains (PDU) – organisation d'une base de données géographique routière urbaine pour les besoins d'un plan

de déplacements urbains et l'intégration à l'aide d'un SIG : Mémoire de magistère, CTS, Algérie.

[BRETON, 2001] BRETON.E, Le Transport à la Demande comme innovation institutionnelle, Flux, Janvier-Mars 2001.

[CASTEX, 2007] CASTEX.E, Le Transport à la Demande (TAD) en France : de l'état des lieux à l'anticipation. Modélisation des caractéristiques fonctionnelles des TAD pour développer les modes flexibles de demain, thèse de doctorat, 2007.

[CERTU, 2006] CERTU : Quel véhicules et équipement pour le transport des personnes à mobilité réduite, 2006.

[CESEC, 2003] C.E.S.E.C – CISSE Angèle, projet de TAD pays Guingamp, 2003.

[Cours, 2014] Cours base de données, 4 années, CTS Arzew 2013/2014.

[DEVOGELE, 1997] DEVOGELE.T : Processus d'intégration et d'appariement de Base s de Données Géographiques-Application à une base de données routières multi-échelles – Doctorat de Méthodes Informatiques – Institut Géographique National (IGN), 1997.

[DEZOU] DEZOU.L : Les systèmes d'information géographique au service de la mobilité des personnes et les voyageurs.

[GAILLARD, 2008] GAILLARD. D, RAGOT.A : Mobilité, Déplacement, Transport, Les séniors en mouvement : Etat des lieux, enjeux et perspectives d'avenir, 2008.

[Martin, 2004] MARTIN.P : Géomatique et géographie de l'environnement de l'analyse spatiale à la modélisation prospective, Tome I, 2004.

[NGUYEN, 2010] NGUYEN.T : Conception et application d'un modèle de l'information routière et ses effets sur le trafic, thèse de Doctorat, université de paris-est, 2010.

[PANORAMA, 2014] PANORAMA : Point sur l'autopartage, 2014.

[SCHNEUWLY, 2010] SCHNEUWLY.D, CALOZ.R : Modélisation conceptuelle des données, Geographic Information Technology Training Alliance (GITTA), 2010.

[SDTU, 2004] SDTU-ORAN. Schéma Directeur de Transports Urbains et Etude de Faisabilité du Tramway de l'agglomération Oranaise, 2004.

Webographie :

[Site.1]: [http://mobiter .internet.org/tad.htm](http://mobiter.internet.org/tad.htm)

[Site 2] : <http://www.esrifrance.fr>