



Vers une approche pluridisciplinaire des réseaux enterrés

■ Lucile GIMENEZ

Chaque année en France lors de travaux, de multiples endommagements se produisent sur les réseaux enterrés. Ils sont le plus souvent dus à une méconnaissance de la localisation des conduites. Afin d'aider à la localisation des parties méconnues des réseaux, l'IRC/ESTP a initié un nouvel axe de recherche. Cet article présente l'élaboration d'une base de connaissance des réseaux s'appuyant sur les outils SIG. Celle-ci se basera sur une caractérisation fine à partir des différentes composantes traitées en géomatique : la topologie (relation entre objets), la géométrie (forme) et la sémantique (description). Les analyses présentées seront illustrées grâce aux données du SITG des réseaux d'eau potable, assainissement, gaz et électricité de la ville de Genève et portent sur des éléments de topologie, de diamètre, d'aire, de volume et une étude des courbures. Cette approche est une première car elle a pour but de proposer une caractérisation des réseaux se basant à la fois sur des outils SIG et sur l'étude des réseaux complexes en physique théorique. On cherchera à donner un sens pratique à chaque analyse pour relier la structure d'un réseau à sa fonction. Au-delà des éléments utiles pour la localisation des réseaux, cette base de connaissance permettra de tester la robustesse et la résistance des réseaux en détectant par exemple les points faibles à surveiller. De plus, l'aide à la localisation des parties méconnues devrait permettre de diminuer tous les coûts liés à la prospection des conduites et limiter les accidents.

■ MOTS-CLÉS

SIG, réseaux enterrés, caractérisation, aide à la localisation, théorie des graphes

leurs coordonnées et référencer leurs ouvrages. Les maîtres d'ouvrage et les entreprises de travaux le consultent préalablement à tout chantier.

A ce jour, toutes les méthodes mises en place concernent des évolutions sur le terrain : une meilleure détection des réseaux existants, des déclarations préalables, etc. Cependant, les systèmes d'information géographique (SIG) qui ont pour finalité la gestion de la donnée géographique se présentent comme des outils adaptés à la gestion de ces réseaux enterrés. Dans ce sens, Patricia Bordin a initié un nouvel axe de recherche à l'Institut de recherche en constructibilité (IRC) de l'Ecole spéciale des travaux publics (ESTP-Paris) pour exploiter le potentiel. Il vise à développer un outil de connaissances spécifiques à réseaux.

Ce projet, en collaboration avec Marc Barthélemy de l'IPhT (Institut de physique théorique, CEA) consiste à la création d'un outil d'aide à la localisation des parties méconnues des différents réseaux. L'étude présentée ici s'inscrit dans le cadre d'un stage de fin d'études. Elle a pour objet de caractériser les réseaux enterrés afin de faciliter l'élaboration de règles de localisation, le but étant à terme de constituer une base de connaissance des réseaux. Cette caractérisation se basera sur les différentes composantes traitées en géomatique : la topologie (relation entre objets), la géométrie (forme) et la sémantique (description).

Dans un premier temps l'article présente la démarche suivie ainsi que la phase préalable de traitements des données. Les différentes analyses seront ensuite illustrées en s'appuyant sur les données de deux types : celles de la ville de Genève mises à disposition par le SITG du canton de Genève

NDLR : L'article de Lucile Gimenez a été soumis au prix de l'AFT sans être primé. Cependant son intérêt et son actualité au regard du forum méritent la publication.

Problématique

Aujourd'hui, les réseaux enterrés font l'objet en France de cinq à dix millions de chantiers par an. Le Ministère de l'écologie comptabilise plus de 10 000 endommagements dont 4 500 sur des réseaux de gaz [1]. Dans la plupart des cas, ces accidents sont anodins tel le soulèvement d'un câble de fibre optique. Ils peuvent toutefois avoir de lourdes conséquences comme à Bondy en Seine-Saint-Denis en octobre 2007 qui a causé un mort et cinquante blessés.

Des méthodes de détection des réseaux existent : des détectations par ondes, des

inscriptions à l'intérieur des conduites qui sont lues par passage de caméra, l'utilisation de puces RFID dans les nouvelles canalisations [7]. Toutefois, toutes ces méthodes coûtent cher et suivant la configuration des réseaux, elles ne permettent pas toujours de détecter correctement toutes les conduites. Dans le même temps, l'Etat met en place un plan d'action afin de réduire le nombre d'accidents sur les réseaux en instituant le principe du guichet "unique". Cela permettra de faciliter la transmission de l'information sur la présence de canalisations. Les exploitants des réseaux doivent y enregistrer





et celles d'une partie de la ville de Nantes, fournis par Nantes Métropole dans le cadre d'un partenariat.

Les composantes de l'analyse

La caractérisation mise en œuvre dans les SIG s'appuie sur trois composantes : la topologie, la géométrie et la sémantique. Par ailleurs, nous posons l'hypothèse qu'un réseau de distribution est lié à la courbure des routes, l'emplacement et la forme des bâtiments, la densité de population, etc. Utiliser un SIG, permettra de ne pas considérer le réseau comme une entité unique mais de l'étudier relativement à son environnement.

La première composante sur laquelle nous avons travaillé est la topologie. Dans l'étude des graphes, elle détermine les liens entre les sommets et les arcs. En effet, un arc peut être défini par ses sommets initial et final. S'il est en relation avec d'autres arcs, ceux-ci ont alors un sommet en commun. La deuxième composante est la géométrie.

Ainsi, deux graphes peuvent avoir la même topologie mais des formes totalement différentes. La forme sera décrite par les coordonnées géographiques de chaque sommet constituant un arc mais aussi par l'introduction de points annexes le long d'un arc. Ces derniers décrivent plus finement la forme que prend l'arc entre son sommet initial et final. La dernière composante est la sémantique. Il s'agit de la description des objets. Par exemple,

pour un arc d'un réseau, les éléments de description seront le diamètre, le type de matériau utilisé, éventuellement une date de pose, etc. Cela peut être représenté par une étiquette attachée à chaque objet pour le décrire.

L'ensemble des réseaux est considéré en deux dimensions. La troisième dimension ne sera pas traitée dans cette étude. Tout d'abord, les données mises à disposition ne fournissent pas d'indications sur la profondeur des canalisations ou alors trop peu pour pouvoir effectuer de premières analyses. Par ailleurs, inclure les quelques données présentes requiert des approches spécifiques ne correspondant pas au cadre de notre étude [2].

Avant de réaliser des analyses de type topologique, géométrique et sémantique sur les réseaux, il est indispensable de disposer de données adaptées et pertinentes pour ces études.

Analyse de données existantes et élaboration d'un jeu de données adapté

La responsabilité de gestion et de maintenance des réseaux enterrés variant d'une ville ou d'un département à l'autre, les spécifications des données peuvent être très différentes, les données disponibles pour cette étude provenant du SITG (Système d'Information du territoire genevois) et de Nantes Métropole. De plus, un prêt du SIIG (Syndicat intercommunal d'information géographique) constitué d'une dizaine

de villes du Gard a complété le jeu de données à disposition. Ces données n'ont pas la même provenance géographique et n'ont pas été saisies par le même groupe de personnes. De fait, elles n'ont pas toutes les mêmes attributs. De plus, les objets peuvent avoir des attributs non renseignés selon que l'information est connue ou non des gestionnaires.

Afin de pouvoir lancer le même programme d'analyse et de calculs d'indicateurs sur tous les réseaux, il a fallu élaborer des traitements sur les données afin de les nettoyer, les corriger, les mettre en forme et les harmoniser. Ils ont consisté d'abord en une analyse de la qualité suivie par l'application de différentes corrections permettant de travailler avec des données adaptées aux besoins. Les attributs nécessaires à l'étude ont été sélectionnés puis des traitements de mise en cohérence des données ont été effectués.

Chaque jeu de données a dans un premier temps été nettoyé afin de ne conserver que les attributs concernant l'identifiant, la géométrie (points constituant les réseaux), ou le diamètre. Ces informations sont celles communes à tous les réseaux étudiés. Des descriptions concernant le type de matériau utilisé existent mais ne sont pas encore exploitées. Toutes les informations incomplètes ou autres n'ont pas été conservées afin d'avoir un jeu de données homogène sur les différents attributs.

Traitement topologique

Des corrections concernant la topologie ont été effectuées lorsque celle-ci était mal renseignée. En effet, nous nous sommes aperçus que certains couples d'arcs étaient en relation mais celle-ci n'était pas clairement établie dans la base de données. Cela entraînait une perte d'information sur la topologie. Comme l'illustre la figure 1, les arcs a et b sont en relation mais l'arc b n'a aucun indicateur sur celle-ci non matérialisée par un sommet. La topologie n'est pas clairement indiquée. Il faut alors couper l'arc b en deux pour que les trois arcs a, b1 et b2 aient un

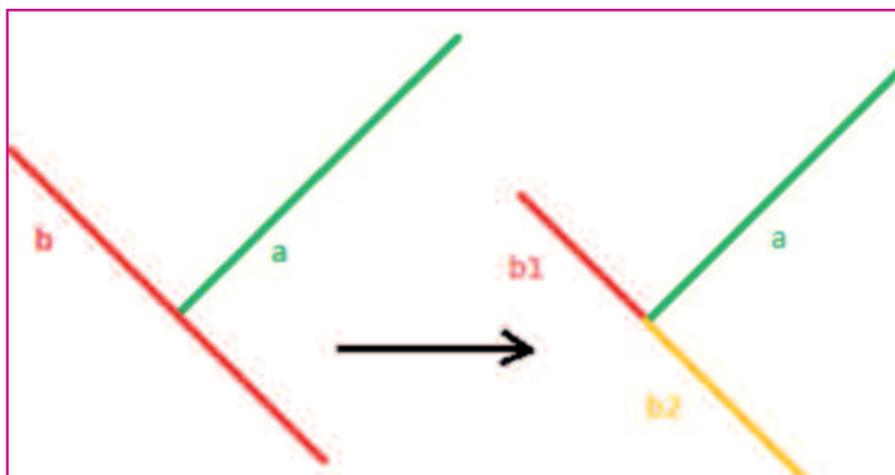


Figure 1. Correction de la topologie



sommet en commun. Ainsi la topologie devient exacte et le lien entre les deux arcs est défini.

Lors de l'extraction de certaines données, l'emprise de la zone téléchargée ne correspond pas forcément à l'ensemble du réseau, cela induit alors des coupures dans les conduites se trouvant en bord de zone. Un certain nombre d'arcs se sont retrouvés isolés, ils n'étaient reliés à aucun autre arc. Nous les avons supprimés de notre étude afin de conserver un graphe autonome par réseau. Considérant qu'un graphe autonome G est un ensemble de sommets reliés entre eux par des arcs ayant leurs sommets initial et final appartenant au graphe G. Aucun sommet n'a de lien avec un sommet n'appartenant pas à G. Ce graphe forme donc un tout. Cet ensemble d'arcs forme notre réseau d'étude.

■ Structuration pour l'analyse

La dernière étape de la constitution du jeu de données est de créer une structuration générique des données. Elle a été réalisée sous forme de tables, de façon à organiser les données de la manière la plus simple et la plus efficace possible. Toutes les données étant facilement accessibles, cette structuration est efficace pour le calcul d'indicateurs. Le schéma HBDS [3] de la figure 2 montre l'organisation des données. Chaque ellipse représente une classe d'objet, un carré un attribut de la classe et une flèche exprime le lien existant entre deux classes d'objets.

Cette structuration a ensuite été transcrite sous forme de tables présentant l'avantage de permettre un accès rapide et efficace aux graphes par le biais d'un fichier texte moins lourd que les formats dédiés aux bases de données.

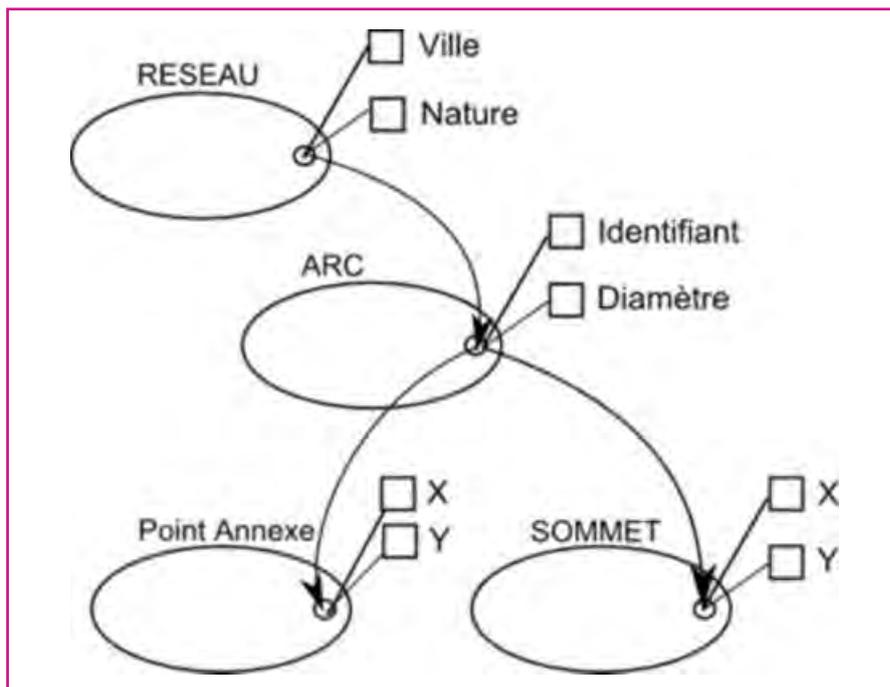


Figure 2. Structuration HBDS des données

Topologie des réseaux Premières analyses

La première analyse topologique a porté sur le calcul des degrés des différents nœuds constituant le réseau. Le degré d'un nœud est la somme des arcs entrant et sortant sur le nœud. Chaque réseau est défini par son nombre de sommets (N), ainsi que son nombre d'arcs (E). Le nombre cyclomatique représente le nombre de boucles présentes dans le réseau et se calcule par la formule suivant : $E - N + 1$. Nous avons aussi calculé pour chaque réseau, la répartition des degrés ainsi que le degré moyen ($\langle k \rangle$) [4,5,6]. Le tableau de la figure 3 présente les résultats de cette analyse.

Une des premières observations que l'on peut faire est : la présence de beaucoup de nœuds de degré 2 dans les réseaux. Ces nœuds sont d'un point de vue sémantique et géométrique indispensables car ils donnent

des informations sur la morphologie du réseau : un nœud de degré 2 met en évidence un changement géométrique (par exemple la mise en place d'une conduite coudée) ou sémantique (changement du type de matériaux, de diamètre)... Cependant, pour les analyses purement topologiques, ils n'apportent aucune information et on pourra envisager de les supprimer ultérieurement afin d'optimiser les temps de calcul par exemple.

De plus, nous avons également constaté que les nœuds de degré 1 sont le plus souvent les liens entre les bâtiments et le réseau. Les arcs associés à de tels nœuds sont en impasse et s'arrêtent généralement devant ou dans les bâtiments. Ils ont une signification intéressante : ces impasses traduisent une caractéristique du réseau de desserte de distribution.

Appliquée à différents types de réseau, cette analyse apporte des résultats complémentaires. Le réseau électrique

Réseaux	N	E	Nbre cyclomatique	Nbre cydo/N	$\langle k \rangle$
Ep-Genève	67277	68363	1087	0,02	2,03
Ass-Genève	10480	10698	219	0,02	2,04
Gaz-Genève	40272	40902	631	0,02	2,03
Elec-Genève	31975	34275	2301	0,07	2,08

Figure 3. Résultats sur la topologie

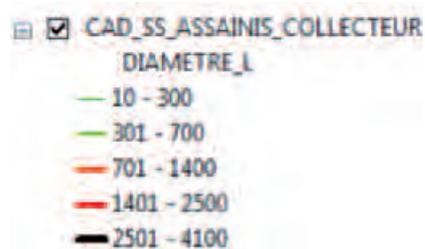


Figure 4. Cartographie du réseau d'assainissement de Genève en fonction de la valeur du diamètre des canalisations

est celui qui présente le plus de nœuds de degré supérieur à trois. Par ailleurs, il est le seul possédant des nœuds ayant un degré supérieur à sept.

Proportionnellement, presque tous les réseaux présentent le même rapport nombre cyclomatique par nombre de nœuds excepté le réseau électrique. Cet indicateur vient compléter l'observation déjà constatée sur le degré des nœuds. Le réseau électrique est plus complexe que les autres réseaux : ses sommets ont des degrés plus importants et il est composé de plus de boucles.

Ces premières analyses mettent en évidence certaines caractéristiques des réseaux de distribution, ces résultats seront affinés par le calcul de nouveaux indicateurs.

Analyses complémentaires

L'analyse précédente se basait sur la topologie des réseaux. Dans cette partie, nous allons introduire de nouvelles analyses s'appuyant sur les compo-

santes géométrique et sémantique des réseaux amenant à des analyses les utilisant conjointement.

■ Etude des diamètres

Cartographie en fonction des diamètres

L'étude des diamètres montre qu'un nombre non négligeable de tronçons ont une valeur non définie (attribution

de diamètre de valeur 1 ou absence de renseignement). Ces valeurs peuvent correspondre à des erreurs lors de la saisie des données ou à un manque d'information concernant les caractéristiques des conduites. La valeur des diamètres varie suivant le type de réseau et les quartiers. La répartition des diamètres est cartographiée en figure 4 et la légende associée en figure 5.

Cette représentation permet de poser quelques hypothèses concernant la position des canalisations en fonction de l'environnement du réseau. En effet, les conduites de diamètre élevé apparaissent le long des grands axes. Plus l'on se rapproche des habitations et plus la valeur des diamètres diminue. On retrouve dans cette répartition une structuration hiérarchisée en fonction de la localisation de la conduite.

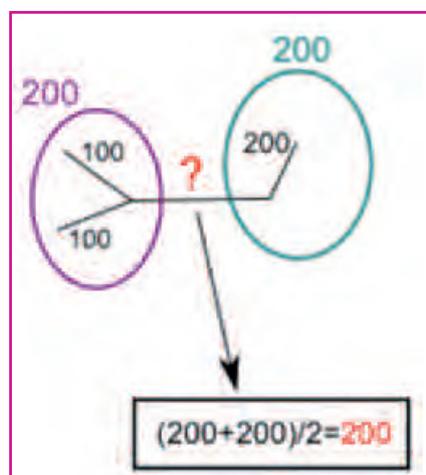


Figure 5. Calcul d'un diamètre inconnu sur un extrait de réseau

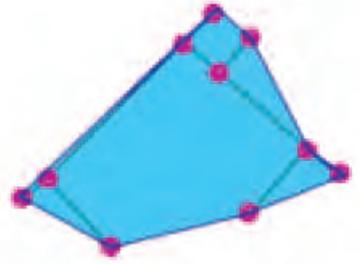
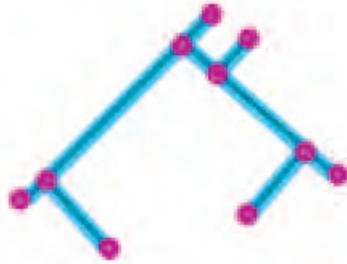
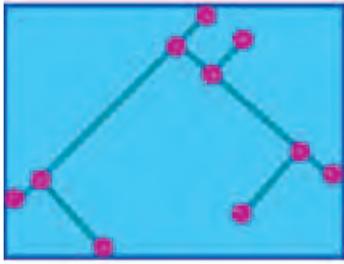


Figure 6. De gauche à droite : aire1-aire2-aire3

■ Corrections

Des corrections concernant la sémantique ont aussi dû être appliquées. En effet, une quantité non négligeable d'arcs possèdent un diamètre inconnu, d'où la recherche d'une méthode permettant de calculer les valeurs manquantes.

Après l'essai de différentes méthodes d'analyse, le choix retenu a été le suivant. La méthode consiste à séparer les arcs qui entrent et ceux qui sortent de l'arc ayant un diamètre inconnu. Pour cela, on effectue d'une part la somme des arcs entrant et d'autre part la somme des arcs sortant. Il suffit ensuite de faire la moyenne de ces deux sommes. Avec cette méthode, on a pris en compte le fait que dans les conduites on est censé ne pas avoir de perte de matière. Par exemple, pour un réseau d'eau potable, l'eau qui rentre par un côté d'une conduite, ressortira de l'autre, même si la sortie est constituée de plusieurs arcs. Une exception a été faite pour les arcs comportant un sommet de degré 1, c'est-à-dire ceux qui desservent les bâtiments. Dans ce cas-là, une valeur par défaut est donnée. Cette-ci a été choisie suite à une étude effectuée sur les valeurs usuelles de diamètre utilisées en BTP lors de travaux. La *figure 5* ci-dessous illustre cette solution. D'autres méthodes ont été envisagées

Réseaux	A1 (km ²)	A2 (km ²)	A3 (km ²)
Ep-Genève	42,67	12,03	22,36
Ass-Genève	26,69	5,59	13,18
Gaz-Genève	31,62	6,62	16,11
Elec-Genève	57,91	32,66	23,99

Figure 7. Tableau de résultats sur l'aire

comme une moyenne sur l'ensemble des arcs entrants ou sortants sans distinction mais les résultats obtenus étaient moins pertinents. Sur l'exemple ci-dessus, la valeur aurait été de 133, ce qui semble moins logique.

■ Etude de l'aire

Les réseaux enterrés sont des objets géographiques. Il est intéressant de s'arrêter sur le territoire qu'ils couvrent. Avant cela, la définition même de ces territoires pose question [8]. En outre, on peut envisager plusieurs méthodes pour calculer une aire associée à un réseau avec un SIG. L'aire d'un réseau peut correspondre à l'aire occupée par les tronçons du réseau ou l'aire territoriale englobant les espaces entre les canalisations. Trois méthodes ont été programmées et testées.

La première consiste à déterminer le rectangle englobant tous les points du réseau. Pour cela, nous avons déterminé le plus petit rectangle contenant

l'ensemble des nœuds du réseau. Celui-ci a été calculé grâce à la recherche des valeurs d'abscisses et d'ordonnées extrêmes. Deux points sont suffisants pour tracer un rectangle englobant l'ensemble du réseau. L'avantage de cette méthode est qu'elle est simple à mettre en œuvre et ne demande pas beaucoup de temps machine lors de l'exécution. Elle donne une bonne approximation de l'aire desservie par les canalisations.

Cependant, dans le cas de réseau dont les points sont répartis de manière non homogène, l'approximation est moins bonne. Cette méthode est trop liée à la forme du réseau et prend en compte des parties du territoire moins pertinentes.

La deuxième méthode consiste à calculer l'approximation d'un buffer fixe autour de chaque canalisation. C'est-à-dire une zone tampon centrée sur le tronçon. On considère alors la somme des aires de chaque buffer. Cette

Réseaux	N	E	L_tot(m)	A2 (km ²)	V(m ³)	V/A (%)
Ep-Genève	67277	68363	601698,75	12,03	74070,04	0,62 %
Ass-Genève	10480	10698	279679,97	5,59	557358,87	9,97 %
Gaz-Genève	40272	40902	330990,04	6,62	38780,31	0,59 %
Elec-Genève	31975	34275	1633,2115	32,66		

Figure 8. Résultats généraux sur le canton de Genève

► méthode prend en compte le territoire occupé par le réseau et non celui desservi par celui-ci. Certains buffers se superposent en partie si le degré d'un nœud est supérieur à trois. Nous avons choisi 20 m pour la taille du buffer pour correspondre à la largeur d'une voie.

La troisième méthode est de calculer l'aire de l'enveloppe convexe des points du réseau. Le problème de cette méthode est la difficulté à la mettre en œuvre. En effet, les réseaux sont constitués d'une multitude de points parfois très proches les uns des autres, ce qui fausse le calcul et donne une enveloppe convexe non exacte. Cependant, en ajustant certains paramètres permettant de supprimer des nœuds des graphes, on trouve une enveloppe convexe très proche de celle théorique. Cette méthode présente l'avantage de prendre en compte de manière plus réaliste le territoire desservi par le réseau.

A1 : méthode de l'approche par un rectangle ; A2 : méthode du buffer ; A3 : méthode de l'enveloppe convexe

Les résultats entre les deux méthodes sont cohérents entre eux. Pour notre étude, nous avons finalement choisi de conserver les deux dernières méthodes correspondant à des besoins différents. En effet, pour déterminer le rapport entre le volume d'un réseau et l'aire occupée par ce dernier, nous avons retenu la deuxième méthode. Pour effectuer des analyses sur les bâtiments desservis par le réseau, la troisième méthode sera utilisée.

■ **Calcul du volume**

Une analyse de la sémantique liée à la topologie a permis de calculer l'ensemble des diamètres des canalisations, nous avons donc complété notre étude par le calcul du volume de l'ensemble des canalisations après le traitement effectué sur les diamètres.

Avec N le nombre de nœuds, E le nombre arcs, V le volume,

Certains résultats se détachent. Le réseau d'assainissement a un volume plus important alors qu'il n'a pas la longueur totale la plus importante. Son rapport V/A est le plus grand, proche de

10 % alors que les autres ne dépassent pas les 1 %. Le réseau de gaz est le moins volumineux.

Cette étude permet aussi de réfléchir à la signification des tronçons. Traditionnellement, un tronçon se distingue d'un autre par la présence d'une intersection, d'un changement d'attribut (date de pose, matériaux...), ou le changement de géométrie. Dans la base de données, il s'agit de polygones, c'est-à-dire d'arcs contenant un sommet initial, des points annexes et un sommet final. La question que l'on peut se poser est la suivante : comment ces polygones ont-elles été définies par les gestionnaires ? Quels sont les changements qui justifient la création d'un nouvel arc plutôt que l'ajout de points annexes ? La modélisation d'un arc correspond-elle à une canalisation telle qu'elle est vendue dans le BTP ou chaque arc se distingue-t-il d'un autre par le changement de l'un de ses attributs ?

Au niveau de la longueur des tronçons, le nombre des tronçons d'une certaine longueur diminue lorsque la longueur augmente. Cela semble logique, on a besoin de plus de petites conduites, pour faire les raccordements aux particuliers par exemple. Les longues conduites sont moins utilisées mais nécessaires sur le réseau principal.

■ **Courbure**

L'observation visuelle des différents tracés des réseaux met en évidence des typologies de courbures distinctes

suivant le type de réseau. Nous avons alors élaboré des méthodes d'analyses afin de caractériser les réseaux selon leurs courbures. Partant d'une étude des différentes courbures des pièces présentes dans les catalogues produits fournis par l'entreprise Baurès TP-Montpellier (34) nous avons dressé la liste des courbures élémentaires.

Quatre coudes de courbure différente existent sur le marché : 15°-30°-45°-90°. On peut ensuite créer des montages à l'aide de ces quatre coudes pour créer de nouvelles courbures. Par exemple, pour créer un angle de 105°, on associera un coude de 90° avec un coude de 15°.

Pour chaque courbure calculée sur un réseau, nous avons cherché la courbure associée la plus proche. Par exemple, si l'on a un arc de 173°, il présente un écart de 8° avec la valeur 165° et de 7° avec 180°. Sa valeur approchée sera donc 180°. Nous pouvons ensuite représenter ces valeurs sous forme d'histogramme afin de comparer les réseaux de même type et ceux de type différent.

La liste des valeurs possible est la suivante : 15°-30°-45°-60°-75°-90°-105°-120°-135°-150°-165°-180°

Afin de comparer les réseaux entre eux, nous avons regroupé sur le même graphique (figure 9) les histogrammes concernant la ville de Genève. Le code de couleur choisi correspond à celui que l'on retrouve dans la construction afin de différencier les réseaux.

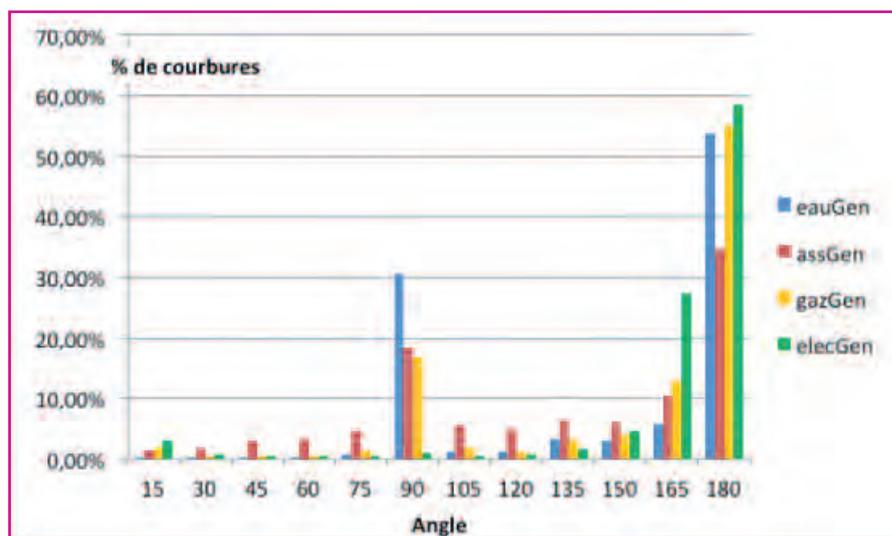


Figure 9. Ville de Genève, comparaison des réseaux pour l'indicateur de courbure



Réseaux	nbre courbures	nbre Tes	(%)
eauGen	143991	36911	25,63 %
Ass-Gen	18210	3093	16,99 %
Gaz-Gen	114409	14814	12,95 %

Figure 10. Tableau de résultats sur les Tés

Cet histogramme sur la ville de Genève met en évidence les différences entre réseaux. Quelques observations se détachent. Le réseau d'eau potable a quasiment toutes ces courbures à 90° et 180°. Cela est dû à la présence de Tés dans le réseau. Les tés permettent de réaliser un piquage à 90° sur une canalisation et le piquage permet de repartir dans une autre direction. Le réseau électrique a très peu de courbures (85 % de ces courbures comprises entre 165°-180°). Le réseau de gaz est comparable à celui d'eau potable. La courbure apparaît comme étant un paramètre de caractérisation des réseaux.

Afin de repérer les nœuds associés aux tés, il suffit de récupérer le sommet commun entre deux arcs ayant une courbure de 90°. De plus, le nœud de ce sommet doit être au moins égal à 3. Si ce n'est pas le cas, c'est que l'on est seulement en présence d'un coude de 90°. Si le nœud a un degré supérieur à 3, c'est que l'on a une composition plus complexe. Cette analyse met en lien les trois composantes de l'information géographique : la topologie par un calcul sur le degré du nœud, la géométrie par le calcul des angles de courbure et la sémantique par la détermination du type de pièces.

Le tableau en figure 10 met en évidence le fait que le réseau d'eau potable est celui comportant le plus de tés proportionnellement au nombre de courbures pour la ville de Genève.

Conclusions et Perspectives

Ce stage a permis de mettre en évidence l'apport des SIG pour la caractérisation des réseaux enterrés. Ces outils permettent d'étudier séparément et conjointement les trois composantes des réseaux et d'en envisager une caractérisation fine et détaillée. Le stage a été l'occasion d'élaborer une première liste d'indicateurs : degré des

nœuds, diamètre, aire, volume, étude des courbures. D'autres analyses sont envisagées comme la corrélation spatiale de réseaux de types différents pour une connaissance plus fine de ces réseaux ou encore l'utilisation de méthodes statistiques d'inférence. De premières distinctions apparaissent entre les réseaux notamment en ce qui concerne le volume ou les courbures.

Tous ces éléments permettront l'élaboration de la base de connaissance, qui pourra amener à une classification des réseaux en fonction de divers indicateurs dont ceux présentés ici. Cela permettra à terme la création d'un outil d'aide à la localisation des parties méconnues des réseaux ainsi qu'à la maintenance. L'élaboration d'une telle base de connaissance est un premier pas pour améliorer les outils de gestion, de maintenance, de prospection des réseaux en limitant les coûts liés à la collecte des informations sur le terrain ou aux endommagements. ●

Remerciements

Je tiens à remercier Mme Patricia Bordin pour m'avoir acceptée dans ce stage et permis de découvrir le monde de la recherche ainsi que M. Marc Barthélemy. Merci aussi à M. Jean Lou Lebrun et toute l'équipe du laboratoire IRC de l'ESTP pour m'avoir accueillie et intégrée au sein du laboratoire.

Contact

Lucile GIMENEZ

lucile.gimenez@hotmail.fr

Bibliographie

- [1] IGN. "Bonnes conduites". IGN Magazine, mars 2012. n°65, p. 6-12.
 [2] Bordin P. *SIG : concepts outils et données*. Hermès, 2002.

[3] Bouillé F. *La formulation simple et rationnelle des algorithmes avec le langage ADL*

[4] Barthélemy M. *Spatial Network*. 4 novembre 2011.

[5] Maquin D. *Éléments de Théorie des Graphes*. Institut national polytechnique de Lorraine, 2003.

[6] Yazdani A., Jeffrey P. "Complex network analysis of water distribution systems". *Chaos* 21. 2011.

[7] Beley M. *TFE: Cartographie tridimensionnelle des réseaux souterrains en ville*. juillet 2012.

[8] Bordin P. *Méthode d'observation multi-niveaux pour le suivi de phénomènes géographiques avec un SIG*. 2006.

ABSTRACT

Every year in France, multiple damages occur on underground networks. They are most often due to a poor knowledge of the location of pipes. To assist in locating unknown parts of networks, IRC / ESTP, France has initiated a new research. This paper presents the development of a knowledge base on these networks based on GIS tools. This will be based on a detailed characterization of the different components treated in Geomatics like topology (relationships between objects), geometry (shape) and semantics (description). The analyzes presented are illustrated using data from SITG of drinking water, sewerage, gas and electricity to the city of Geneva and relate elements of topology, diameter, area, volume, and a study of curves. This approach is a first because it aims to provide a characterization of networks based on both GIS tools and the study of complex networks in theoretical physics. We will try to give practical meaning to each analysis to relate the structure of a network to its function. Beyond the useful elements for the network location, this knowledge base will test the robustness and resilience of networks by detecting such weaknesses to be monitored. In addition, using the location of unknown parts should reduce all costs related to the exploration of pipelines and reduce accidents.