- ETUDE SUR LA REALISATION D'UN CADASTRE DU SOUS-SOL EN TROIS DIMENSIONS -

Société d'accueil :	*GeoDataNetwork S.A.*
PFE présenté par :	***Aurélien Lecomte***
Directeur du PFE :	*Stéphane Couderq*
Correcteurs :	*Mathieu Koehl*
	Jacques Ledig

Introduction

Ce Projet de Fin d'Etudes a été réalisé au sein de l'entreprise GeoDataNetwork S.A., implantée à Carouge, dans le Canton de Genève. GDN a été créée dans l'optique de valoriser les contacts et les compétences métiers, acquises au fil des années par ses fondateurs.
Du domaine de la mensuration aux transports, en passant par la gestion environnementale, leurs compétences complétées d'une maîtrise accrue du domaine de la géoinformatique, permettent aujourd'hui de proposer toute une gamme de services dans le domaine de l'acquisition de données à référence spatiale.

La société s'est entourée de partenaires, comme la société Topomat Technologies, spécialisée dans le développement de solutions géoinformatiques, le bureau de géomètres officiels Morand+Bovier ou encore la Direction Cantonale de la Mensuration Officielle (DCMO).

Contexte de l'étude

Le sous-sol étant constitué de nombreux objets, beaucoup d'acteurs sont présents et gèrent des données différentes. Parmi ces acteurs, nous retrouvons la DCMO, les Chemins de Fer Fédéraux (CFF), le Service de Géologie de Genève et l'Office Cantonal de la Statistique (OCSTAT).

La DCMO dispose d'un nombre très important d'informations et de données concernant le sous-sol. Ces données sont collectées des différents services les gérant, comme les Services Industriels de Genève (SIG) qui détiennent une grande partie des données des réseaux du sous-sol.

Les CFF gèrent tous les réseaux de chemin de fer dont les trains mais également les trams et le projet de liaison ferroviaire souterraine CEVA (Cornavin Eaux-Vives Annemasse).

Quant au Service de Géologie de Genève, il regroupe toutes les informations concernant les sondages, géologiques ou géothermiques, et calcule les couches géologiques à partir de ces données.

Enfin, l'OCSTAT a intégré dans une base de données tous les niveaux inférieurs et supérieurs des bâtiments depuis 2004.

Besoins des acteurs du sous-sol

Le cadastre du sous-sol en deux dimensions aujourd'hui disponible ne suffit plus car l'encombrement du sous-sol est considérable dû à un nombre très important de données à gérer. C'est pourquoi, la DCMO a pensé qu'une étude sur la réalisation d'un cadastre du sous-sol en trois dimensions (3D) était nécessaire afin de bénéficier d'une nouvelle vision du sous-sol.
La DCMO voudrait donc savoir si le cadastre du sous-sol en 3D est réalisable avec les moyens techniques, informatiques et les données, aujourd'hui disponibles. Elle souhaite aussi qu'un prototype soit réalisé afin de mieux se rendre compte du résultat envisageable.

Après concertation, pour une meilleure représentation du sous-sol, il a été décidé d'intégrer toutes les données des différents services, soit celles de la DCMO, des CFF et du Service de Géologie.

Objectifs du projet

Le projet présente plusieurs objectifs dont la finalité est de créer un prototype avec toutes les données du sous-sol. Ces objectifs consistent à recenser les outils, logiciels et études existants liés aux cadastres du sous-sol et des cadastres 3D en général, de récupérer les données disponibles, de réaliser l'étude attributaire et géométrique des données, d'élaborer une procédure d'acquisition de données et de réaliser un prototype et l'analyser.
Afin de créer un prototype compatible avec les logiciels utilisés au sein de la DCMO et du Service de Géologie, les logiciels de la gamme ESRI (ArcGIS) ont été utilisés.

Organisation des données

Pour étudier la réalisation du cadastre du sous-sol en 3D, il a fallu récolter les données des différents acteurs du sous-sol et les organiser sous différentes géodatabases.

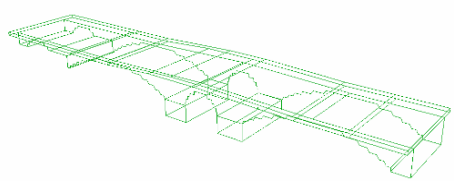
La totalité des géodonnées du cadastre souterrain nous a été fournie par la DCMO à part le fichier comprenant les informations sur les niveaux sous-sol des bâtiments qui nous a été transmis par l'OCSTAT.
Le cadastre souterrain du canton de Genève se compose de deux cadastres distincts :

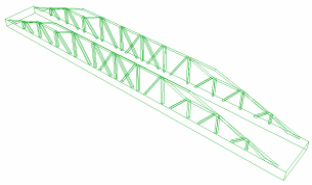
- Le Cadastre des Canalisations souterraines du Domaine Public (CCDP), regroupant toutes les canalisations souterraines situées sur le domaine public, mais aussi dans les zones industrielles, sur le domaine privé le long des voies publiques.
- Le Cadastre Technique du Sous-Sol (CTSS), constitué de l'ensemble des objets, des canalisations, des constructions et des accessoires à la construction, occupant le sous-sol privé et public de façon permanente, et ne figurant ni dans le cadastre officiel, ni dans les cadastres spécifiques des services publics (pieux de fondation, ancrages, parois moulées, …).

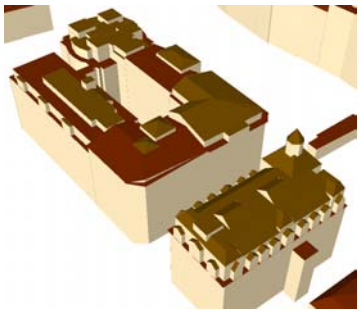
Les CFF, quant à eux, disposaient de données (*.dxf) du projet de tracé du CEVA qu'il a fallu modifier afin de pouvoir les exploiter avec les données de la DCMO et du Service de Géologie sous ArcGIS.

Le Service de Géologie de Genève nous a fourni des données de types linéaires qui sont les courbes de niveaux des toits des différentes couches géologiques présentes sur le canton de Genève, des images raster des toits des couches et des entités ponctuelles concernant les sondages géothermiques ou autres.

Dans le but de mieux se repérer sur les différentes zones de prototype, des données hors-sol ont également été intégrées.
La DCMO a alors mis à notre disposition des entités 3D comme des ponts représentés en mode filaire (les deux images de gauche), et des bâtiments 3D (image de droite) permettant une représentation réaliste des objets 3D présents sur la zone de prototype.





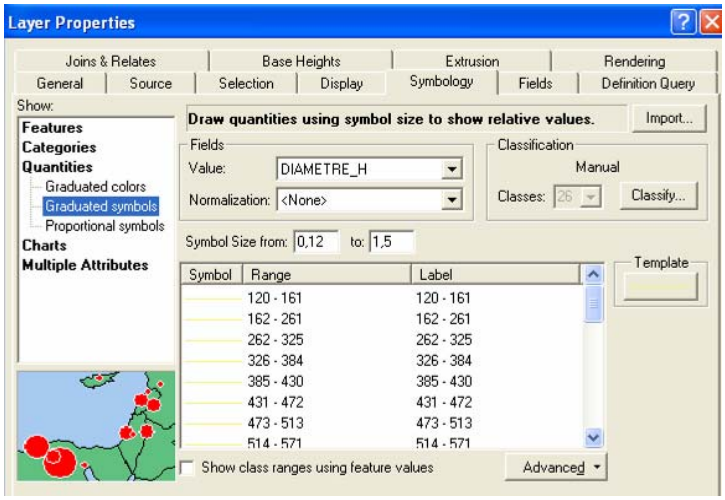


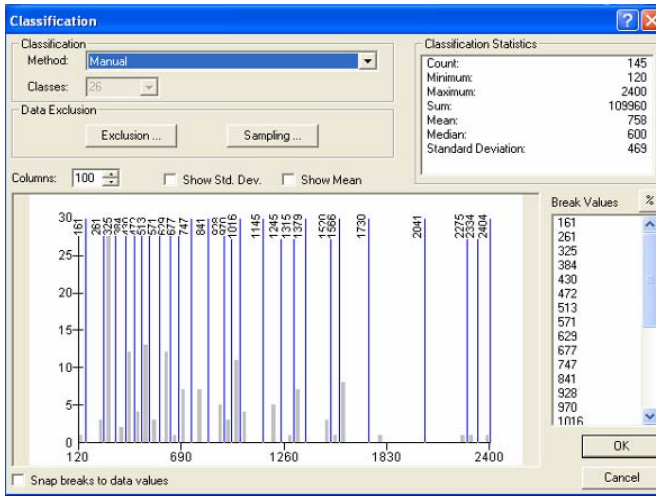
Mise en forme et gestion du SIG 3D

La mise en forme du SIG 3D a été réalisable grâce à l'application ArcScene d'ArcGIS. Cette application permet la création, la modélisation et la visualisation d'éléments en trois dimensions. Par exemple des conduites d'eau ou de gaz représentées par des lignes en deux dimensions dans ArcMap seront transformées en cylindres dans ArcScene.

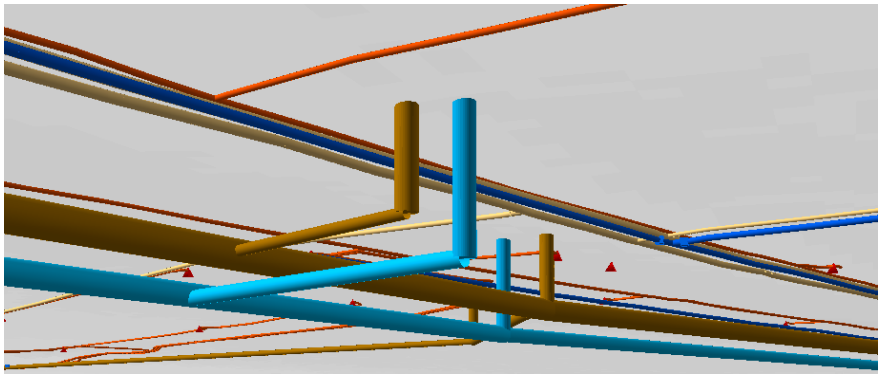
La phase de modélisation 3D a été primordiale pour le projet puisque celle-ci a déterminé en grande partie si le cadastre du sous-sol en trois dimensions était réalisable ou non avec les données et leurs attributs que nous avons reçus des acteurs du sous-sol.

Pour la modélisation des canalisations de gaz, eau, électricité…, nous avons utilisé les propriétés des couches (figures ci-dessous) dans ArcScene afin de les représenter en fonction du diamètre donné en attribut.





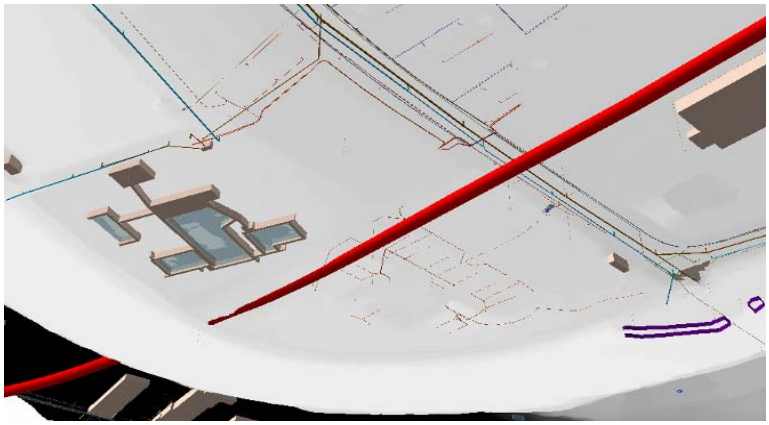
Propriétés des couches pour la modélisation des canalisations



Vue 3D des canalisations après modélisation

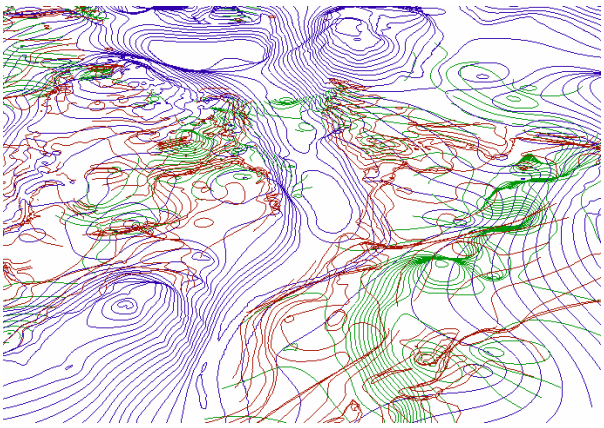
Pour modéliser en trois dimensions les géodonnées de la géotechnique et les bâtiments, il a fallu les extruder en fonction de leur niveau, ou de leur profondeur, également dans les propriétés des couches.

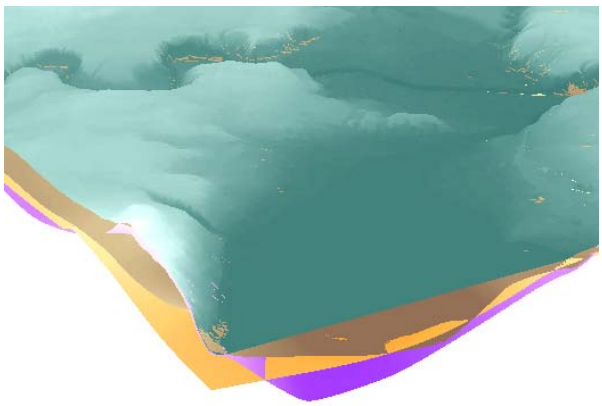
Les altitudes du tracé du CEVA ont été calculées dans un fichier Microsoft Excel en fonction des profils caractéristiques et des pentes et, réintégrées dans les coordonnées des points. Ce tracé en 3D a ensuite été incorporé dans le projet ArcScene et un tunnel a été modélisé ainsi que les deux voies grâce au profil type du tunnel.



Vue 3D du tracé du CEVA, des réseaux et de bâtiments sous-sol

Concernant la géologie, nous avons tout d'abord reçu les courbes de niveaux des toits des couches géologiques mais la représentation de celles-ci était très difficilement exploitable. C'est pourquoi, j'ai transformé ces courbes de niveaux en raster, avec un outil de « ArcToolbox » d'ArcGIS, afin de mieux distinguer leur superposition.





Superposition des couches géologiques avec représentation en courbes de niveaux et en raster

Visualisation de la scène 3D par des logiciels de type viewer

Afin que chaque personne, ne disposant pas de ArcGIS, puisse naviguer dans le modèle virtuel 3D, l'export la scène 3D en fichier VRML depuis ArcScene est possible. Ce dernier permet de choisir les couches à exporter ou non ; en fait, ArcScene exporte les données affichées à l'écran. Il suffit donc de désélectionner les couches que nous ne souhaitons pas obtenir en VRML.

De nombreux logiciels de type Viewer 3D, permettant de lire les fichiers VRML, comme Cortona VRML Client de Parallel Graphics ou BS Contact VRML, sont disponibles sur Internet et téléchargeables gratuitement. Chacun de ces logiciels ont des avantages différents qui peuvent être la qualité du rendu et/ou la facilité d'emploi.

Analyse des prototypes

Suite à ces précédentes phases et suite à la création des prototypes, une dernière phase a consisté à analyser les différentes entités intégrées aux projets. Celle-ci a permis de constater des anomalies dans les géodonnées comme des intersections entre les réseaux ou entre des réseaux et autres objets. Nous avons également pu remarquer que tous les regards et chambres étaient bien reliés à des canalisations correspondantes.
Aussi, l'analyse de la continuité des canalisations a été possible et a montré que tous les réseaux sont bien continus. Pareillement, nous avons vérifié que les réseaux étaient bien aux profondeurs prescrites et à des distances latérales correctes.

Enfin, le calcul des épaisseurs et volumes des couches géologiques peut être fait ainsi que le chevauchement de celles-ci peut être constaté.

Conclusion et perspectives

Suite à l'étude réalisée, nous pouvons constater que la création d'un cadastre du sous-sol en trois dimensions est possible avec malgré tout, la capacité d'améliorer les données par des levés complémentaires. Nous avons également remarqué que les données nécessaires à l'étude étaient toutes disponibles et faciles à récolter auprès des différents acteurs du sous-sol. La conception et la modélisation des objets souterrains en trois dimensions sont possibles bien qu'il y ait un manque de données attributaires pour une représentation exacte des réseaux et des bâtiments sous-sol.
Nous avons visualisé des scènes 3D très réalistes du sous-sol et de son encombrement et constaté l'avantage de la troisième dimension par rapport à un cadastre du sous-sol en deux dimensions.

La création d'un cadastre du sous-sol en 3D impliquera la création d'une base de données considérable, et de développements à réaliser afin d'automatiser les méthodes de modélisation et d'intégration de données.

Après amélioration de la qualité et de la précision des données, il sera peut être possible d'utiliser le cadastre du sous-sol comme plans d'exécution. Aussi après développement des logiciels SIG concernant la 3D, la création de coupes et profils à partir de ce cadastre avec tous les objets souterrains sera envisageable.