

Zeitschrift:	Cadastre : revue spécialisée consacrée au cadastre suisse
Herausgeber:	Office fédéral de topographie swisstopo
Band:	- (2011)
Heft:	6
Artikel:	Géoréférencement des réseaux enterrés : des techniques de relevé à la gestion du cadastre du sous-sol genevois
Autor:	Cornette, Geoffrey
DOI:	https://doi.org/10.5169/seals-871507

Nutzungsbedingungen

Die ETH-Bibliothek ist die Anbieterin der digitalisierten Zeitschriften auf E-Periodica. Sie besitzt keine Urheberrechte an den Zeitschriften und ist nicht verantwortlich für deren Inhalte. Die Rechte liegen in der Regel bei den Herausgebern beziehungsweise den externen Rechteinhabern. Das Veröffentlichen von Bildern in Print- und Online-Publikationen sowie auf Social Media-Kanälen oder Webseiten ist nur mit vorheriger Genehmigung der Rechteinhaber erlaubt. [Mehr erfahren](#)

Conditions d'utilisation

L'ETH Library est le fournisseur des revues numérisées. Elle ne détient aucun droit d'auteur sur les revues et n'est pas responsable de leur contenu. En règle générale, les droits sont détenus par les éditeurs ou les détenteurs de droits externes. La reproduction d'images dans des publications imprimées ou en ligne ainsi que sur des canaux de médias sociaux ou des sites web n'est autorisée qu'avec l'accord préalable des détenteurs des droits. [En savoir plus](#)

Terms of use

The ETH Library is the provider of the digitised journals. It does not own any copyrights to the journals and is not responsible for their content. The rights usually lie with the publishers or the external rights holders. Publishing images in print and online publications, as well as on social media channels or websites, is only permitted with the prior consent of the rights holders. [Find out more](#)

Download PDF: 14.12.2025

ETH-Bibliothek Zürich, E-Periodica, <https://www.e-periodica.ch>

Géoréférencement des réseaux enterrés – des techniques de relevé à la gestion du cadastre du sous-sol genevois

■ Le sous-sol urbain regorge de réseaux: réseaux de distribution d'eau, de gaz, d'électricité, réseaux de télécommunication, collecteurs etc. Ces réseaux sont le plus souvent discrets, invisibles et l'on n'entend parler d'eux que lorsqu'ils sont la cause d'accidents, parfois dramatiques. Loin d'être une fatalité, ces incidents peuvent être évités à plusieurs niveaux ...

Techniques de détection

Les réseaux souterrains ont l'avantage d'être très utiles tout en étant parfaitement invisibles, ce qui peut très vite se révéler être un inconvénient quand on parle d'en faire un relevé topographique. Ces objets ne restent en effet visible que très peu de temps avant recouvrement de la fouille, cela complique passablement la façon d'en faire un relevé dans un contexte de chantier déjà contraignant. Pour remédier à ce problème, on fait appel à un système de détection de réseaux qui rend visible ce qui ne l'est plus. Il en existe de plusieurs sortes, chacun d'eux présente des avantages et inconvénients.

Les détecteurs acoustiques fonctionnent sur le principe d'écoute du sol. Des vibrations sont transmises à la canalisation à relever; les ondes sonores sont ainsi propagées dans tout le réseau et il est possible d'écouter, en surface, ces ondes grâce à un détecteur adapté (fig. 1). Cette méthode permet de détecter tous les réseaux rigides, elle est de plus utile dans le cadre de détection de fuites. Mais un accès direct au réseau est nécessaire pour lui transmettre les ondes vibratoires.

Une deuxième groupe sont *les détecteurs par ondes radio*. Pour les réseaux électriques ou de télécommunication, il est possible d'utiliser des détecteurs par ondes radio en mode passif (fig. 2). Ici, seul un détecteur d'ondes électromagnétique est nécessaire. L'appareil détecte directement l'onde électromagnétique générée par le câble électrique enfoui. Cette technique permet de détecter des objets dits à grandes profondeurs (jusqu'à 3.5 m environ) mais est sujet à des perturbations électromagnétiques externes (lignes électriques aériennes). Si le réseau n'est pas de type électrique, deux solutions peuvent être envisagées. Il est possible de générer soi-même le courant électrique directement dans le réseau métallique, et de détecter le champ électromagnétique ainsi créé (fig. 3). Si le réseau n'est pas métallique la solution consiste à tirer un câble relié à un générateur à l'intérieur du réseau (fig. 4). C'est ce qu'on appelle le détecteur par ondes radio actif.

Enfin, *le géoradar* ou «Radar de sol» permet de détecter tous types de réseaux. Le système est basé sur la mesure de temps de propagation d'une onde radio (fig. 5). Selon les milieux traversés, la propagation de l'onde se fait à une vitesse plus ou moins grande. L'hétérogénéité de cette durée permet alors à un spécialiste de repérer les éventuels réseaux enterrés (fig. 6). Certains

milieux géologiques (milieux aqueux ou comportant des cavités) posent toutefois des difficultés de détection. Une fois détecté, le réseau est marqué au sol pour être ensuite mesuré. Les techniques de relevé sont des plus classiques: chaîne d'arpenteur, tachéomètre, GNSS (Global Navigation Satellite System), notamment. Cette chaîne de traitement (pose du réseau – détection – marquage – relevé) entraîne une accumulation d'erreurs et d'approximations. L'exactitude s'en trouve affectée et la précision ne pas être atteinte. Certains constructeurs, conscients de cet enjeu, proposent aujourd'hui des systèmes combinés de détection avec GPS (Global Positioning System) intégré permettant d'enregistrer la position, la profondeur et l'altitude du réseau. Il apparaît clairement que les méthodes de détection sont nombreuses mais assez peu polyvalentes. De plus, la précision de détection reste assez faible et un relevé ainsi effectué n'est pas complet. En effet, même une détection efficace ne saurait renseigner un plan en termes de type de réseau, matériaux utilisé, position des vannes, des coude... La méthode la plus précise et la plus fiable reste alors le relevé en fouille ouverte. Mais cette méthode est aussi la plus contraignante car le temps d'intervention pour le géomètre est très court entre la pose et le recouvrement de la fouille. De plus, les interventions sont de courtes durées mais répétées dans le temps au fur et à mesure de la pose, le tout dans un contexte de chantier non favorable. Malgré ces difficultés, c'est la méthode la plus utilisée par les gestionnaires de réseaux sur le canton de Genève. Celle-ci permet aux propriétaires de canalisations de gérer leurs réseaux de façon précise, complète et à jour. On passe alors du monde de la topographie: relevé de terrain et DAO (dessin assisté par ordinateur) au monde de la géomatique: gestion, diffusion de données géolocalisées, et SIG (systèmes d'information géographiques).

Cadastre du sous-sol de Genève

Cela fait maintenant 20 ans qu'existe le Système d'Information du Territoire Genevois (SITG) qui valorise les géodonnées des collectivités publiques concernées. Aujourd'hui, les partenaires du SITG mettent à disposition du public et des professionnels plus de 440 couches de géodonnées classées dans diverses thématiques telles que l'aménagement, le foncier, la mobilité, la santé, l'apiculture et bien d'autres encore.

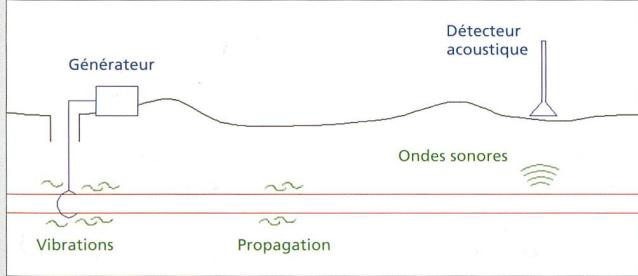


Figure 1

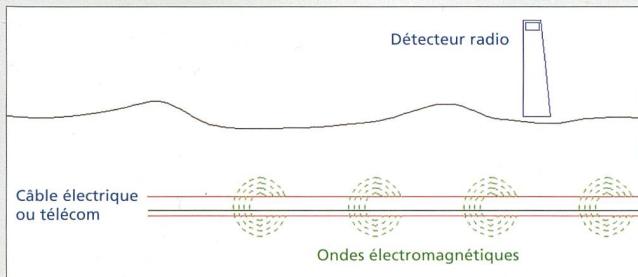


Figure 2

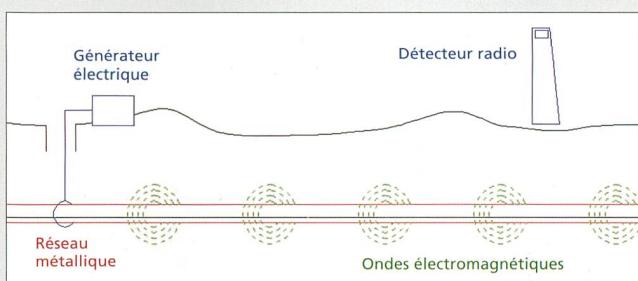


Figure 3

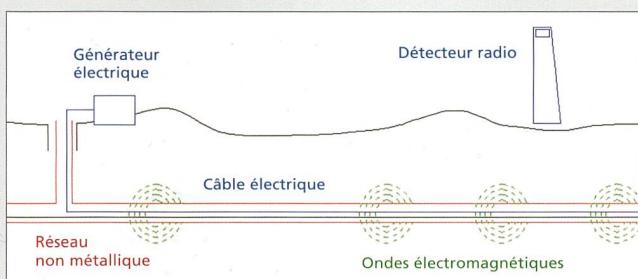


Figure 4

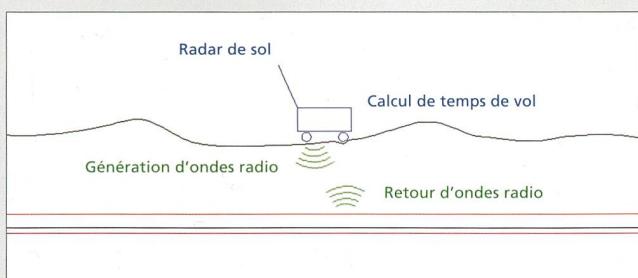


Figure 5

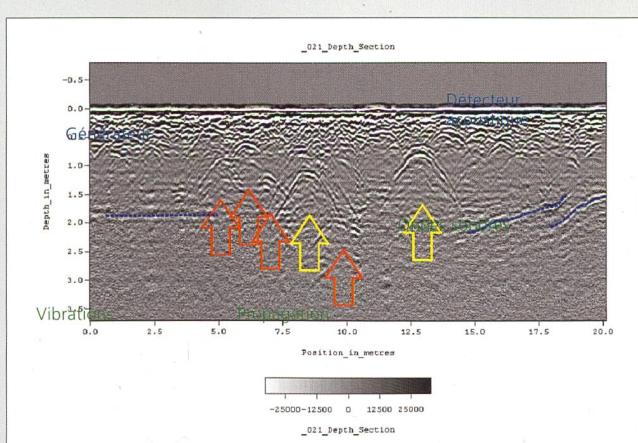


Figure 6

Concernant la thématique du sous-sol, le Service de la mensuration officielle de Genève (SEMO) gère une cartographie complète des conduites sous le domaine public dans un geoportail internet en mutualisant les données fournies par les propriétaires de canalisations. Ce cadastre permet de connaître l'encombrement de chaque conduite souterraine et simplifie les démarches de planification et de coordination des avant-projets de constructions.

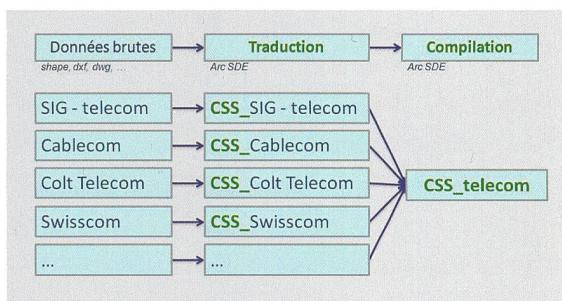
C'est grâce à une volonté politique que le règlement concernant l'utilisation du domaine public a été modifié en septembre 2005, règlement qui a rendu obligatoire la transmission au SEMO des géodonnées et des géométadonnées des canalisations souterraines.

Le cadastre du sous-sol de Genève a donc plusieurs missions: rassembler les données des gestionnaires de réseaux souterrains, les transformer, les contrôler et les diffuser via un geoservice web.

Sur le canton de Genève, on compte plus de 20 gestionnaires de réseaux souterrains différents. Parmi eux, on trouve les gestionnaires des réseaux de distribution d'eau, de gaz, d'électricité, les réseaux d'évacuation d'eau propre, d'eau usée, et les nombreux fournisseurs d'accès aux réseaux de télécommunication (internet, téléphone). Chacun de ces gestionnaires mène les travaux de relevé et de dessin selon les techniques qu'il souhaite. Cependant une précision planimétrique absolue de 10 à 30 cm est demandée. Cette contrainte ne permet pas aux détenteurs de canalisations d'utiliser les techniques de détection citées précédemment. Mais les démarches de chacun d'eux restent très diverses. Certains gestionnaires ont un service dédié aux relevés et au dessin des nouveaux réseaux depuis presque 100 ans. Ces gestionnaires emploient des géomètres et ont connu le passage du plan papier à l'ère DAO. D'autres gestionnaires beaucoup plus récents et moins actifs dans la pose de réseaux, font le relevé à la chaîne d'arpenteur en fin de pose ou sous-traitent parfois les travaux de relevé à des géomètres qualifiés. Cela dépend essentiellement de l'historique du service détenteur de canalisation.

Les propriétaires de ces canalisations sont ensuite tenus de fournir régulièrement leurs données à jour au service de la mensuration officielle (SEMO). La périodicité du renouvellement des données complètes du réseau est définie avec chaque propriétaire de canalisations en fonction de l'évolution plus ou moins rapide du réseau: le réseau de gaz subit des modifications quotidiennes alors que le réseau d'oléoduc n'est pratiquement jamais modifié. Chaque acteur livre ses données dans le format avec lequel il les gère en interne. Que ce soit du point de vue de la précision du relevé, du format, du mode d'acquisition ou encore de la structure des calques, toutes ces données n'ont pas

de points en commun. Par conséquent un script FME (Feature Manipulation Engine) a été mis en place pour chacun des fichiers reçus au SEMO afin d'homogénéiser ces données selon un même modèle de données, défini par le SEMO. Ainsi, chaque acteur peut continuer sa propre gestion avec ses logiciels DAO ou SIG tout en permettant l'actualisation d'une ou plusieurs couches du cadastre du sous-sol. La figure ci-dessous montre un exemple de compilation pour les données de télécommunication.



Le modèle de données du cadastre du sous-sol est composé de neuf couches de géodonnées:

- Eau potable
- Gaz
- Electricité
- Télécommunication
- Chauffage à distance / Thermie
- Assainissement
- Géotechnique
- Végétal (racines des arbres)
- Oléoduc (produits pétroliers)

Chacune de ces couches d'information est constituée d'objets lignes (les conduites), d'objets points ou noeuds (vannes, chambres, panneaux, ...) et d'objets superficiels (nappes de tubes, armoires, stations, galeries, ...). Les informations telles que propriétaire de la canalisation, état, fonction et précision de levé sont disponibles pour chaque objet du cadastre du sous-sol. En revanche toutes les données métiers (pression, température etc.) sont écartées de la compilation.

Le SEMO diffuse les informations de canalisations collectées grâce à un géoservice internet (GeoCSS) et y représente tous les objets ayant une emprise certaine dans le sous-sol. D'autres éléments tels que les bâtiments en sous-sol, le cadastre technique du sous-sol (accessoires de la construction, pieux de fondation, ancrages, parois moulées) ou l'emprise des racines des arbres, y sont également représentés.

Le géoservice du cadastre du sous-sol (GeoCSS) est un des rares services du SITG protégé par un mot de passe pour des raisons de sécurité et de confidentialité. Il est possible de consulter le GeoCSS mais également d'en faire des extractions au format (vecteur ou raster) sou-

haité. La représentation de ces données est inspirée de la norme SIA 405 – Information géographiques des conduites souterraines – et répond au code couleur de la figure 7.

Ce système d'information permet aujourd'hui d'avoir un outil d'aide à la planification et à la coordination de gestion des avant-projets et simplifie les démarches de tous les propriétaires de canalisations du canton. Il est maintenant l'outil indispensable de la Commission de coordination des Travaux en sous-sols CCTSS.

Récemment la consultation de ce service web est devenue possible sur la plateforme «SITG Web Mobile» permettant de naviguer dans les données du territoire directement depuis un smartphone ou une tablette mobile. On peut ainsi imaginer que chaque ouvrier sur le point d'ouvrir une fouille, consulte, sur place, le GeoCSS et «voit à travers le sol» avec sa tablette ou son téléphone géolocalisé par GPS.

Le SEMO procède également à des opérations de contrôle: cela passe par des visites de chantier avec prises de photographie. Chaque base livrée par le gestionnaire est comparée à la précédente, une détection de changement est appliquée et comparée aux chantiers visités. En cas de non exécution, un rappel est adressé au gestionnaire concerné. Il faut noter que le SEMO peut faire procéder d'office, aux frais du détenteur, à la réouverture de la fouille et au relevé des canalisations. En termes de droit, le détenteur de canalisations demeure le seul responsable de la gestion de ses données. C'est pour cette raison que le cadastre du sous-sol ne pourra en aucun cas être utilisé comme plan d'exécution, mais seulement pour les phases d'avant-projet. Seules les informations fournies directement par le détenteur des canalisations feront foi pour l'exécution de travaux.

Domaine	Couleur
Assainissement	Vert
Gaz	Jaune
Eau	Bleu
Chauffage	Jaune
Electricité	Orange
Télécom	Vert
Géotechnique	Orange

Figure 7

Vers la 3^{ème} dimension

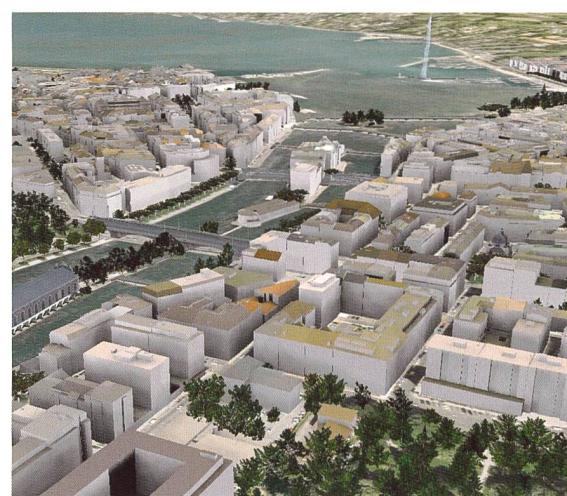
Le cadastre genevois est aujourd’hui en pleine mutation vers la 3D. En effet, le canton dispose d’ores et déjà d’un «socle 3D» composé d’un MNT (Modèle Numérique de Terrain), du bâti 3D, et d’un certain nombre d’ouvrages d’art en base de données 3D (fig. 8). C’est donc dans la continuité de ce travail et par souci d’homogénéité que le SEMO souhaite passer d’un cadastre souterrain en 2D à un en 3D. La première motivation est donc d’abord une volonté des administrations genevoises au passage à un cadastre «tout 3D». Mais une modélisation du sous-sol en 3D trouve également son utilité dans différents domaines.

Une connaissance des réseaux enterrés en 3D permet de générer tous les types de plans souhaités: plans topographiques, coupes selon les axes souhaités, profils en long ou en travers. La simple information sur l’altitude permet donc d’accéder à de nombreux autres supports que le simple plan. La profondeur d’enfouissement par exemple sera disponible par comparaison de l’altitude des réseaux avec le MNT, et ce en tout point du plan.

Une autre utilité de la représentation 3D des éléments du sous-sol est simplement d’apporter plus de clarté à des réseaux souvent trop denses en milieu urbain pour

À droite: Figure 8
Ci-dessous: Figure 9

être représentés en 2D. En effet, sur l’exemple du GeoCSS (fig. 9) on peut constater la difficulté de représenter des réseaux souterrains en 2D. De plus, sans la 3D, on ne connaît pas la position relative des conduites. Par conséquent, si l’on a besoin d’atteindre une conduite, on ne peut que supposer que tel ou tel réseau sera placé au dessus de l’autre par «habitude». L’Etat de Genève fut l’un des premiers à mener une étude sur la faisabilité d’un cadastre souterrain en 3D.



GeoCSS - Application cartographique du cadastre du sous-sol - Mozilla Firefox

Système d’Information du Territoire Genevois > GeoCSS

Information complémentaire

Table des matières

CSS

- CSS Transparence
 - Eau potable
 - Gaz
 - Électricité
 - Thermie
 - Télécom
 - Assainissement
 - Oléoduc
 - Végétal

CSS annexes

Transparence

- Cad technique du SS
- Autres données Sous-Sol

Mensuration - Données générales

Transparence

- Mesurer

Données complémentaires

Rechercher & localiser

Sauvegarde et gestion des cartes

Extraction de données

Réultats

Toutes les couches

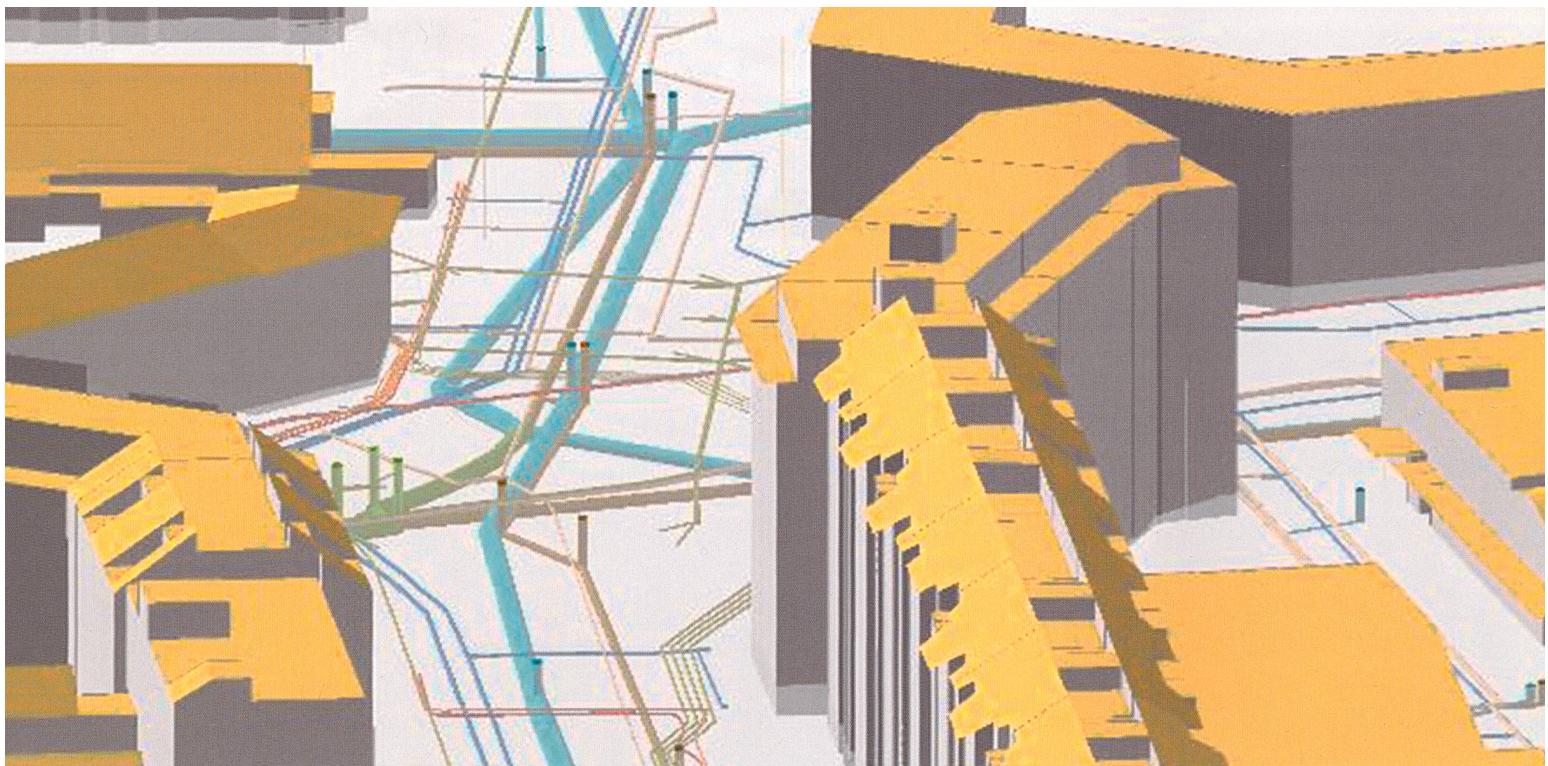
Interroger

Gas - Conduite

- ID Conduite: 108993
- Fonction: Principale
- Matériau: Non transmis
- Diamètre: 200
- Type propriété: Parapublic
- Propriétaire: SIG-G
- Etat: En service
- Déf. plani.: Précis
- Remarques: Canalisation
- Date chargement: 07.04.2011
- SHAPE_Length: 26.16999
- Électricité - Bord de nappe
- Non transmis
- Télécom - Tube (2)
- S20000005797
- Connexions

© Système d’Information du Territoire Genevois

1: 405



Cela a donné lieu à un projet réalisé par Aurélien Le-comte (ingénieur topographe INSA) en 2007. Les objectifs de cette étude étaient de réaliser un prototype de cadastre souterrain en 3D, de l'analyser et de conclure quant à la faisabilité d'un cadastre souterrain 3D (fig. 10).

Durant cette étude, un des enjeux majeurs était de transformer un cadastre 2D en cadastre 3D. Deux cas se sont alors présentés :

- Les données possèdent un attribut Z, dans ce cas l'objet est transformé en objet 3D grâce à cette information.
- Cette information est inconnue, dans ce cas une altitude approximative est renseignée sur le principe du calcul suivant : $Z = Z_{MNT} - \text{Profondeur Standard du réseau considéré}$.

Ce dernier mode de calcul entraînait des erreurs au niveau des ouvrages d'art par exemple où les canalisations ne suivent pas le MNT. De plus, les conduites sont droites sous terre et ce mode de calcul entraînait des petites variations de Z comparables à du bruit sur les objets du sous-sol. Un lissage du MNT sur le domaine public est en cours et pourrait remédier à ce problème.

Les conclusions étaient donc qu'il est en effet possible de créer un SIG 3D du sous-sol, mais un complément des données est indispensable pour obtenir un résultat fiable. Cette étude a soulevé beaucoup de questions notamment sur le relevé 3D dans une fouille. Comment procéder à un relevé 3D ? Quel serait le coût d'un tel changement ? Que fait-on des anciennes conduites dont seule la planimétrie est connue ?

Un nouveau projet a alors été lancé dans le but d'étudier les nouvelles technologies pour le relevé du cadastre du sous-sol. Les contraintes particulières de ce type de relevé ont mis en évidence la possibilité d'utiliser une méthode photogrammétrique simplifiée à partir de photos de smartphones ou d'appareils de terrain possédant un appareil photo. C'est une possibilité qui devra être étudiée et mise en place de façon progressive pour compléter les relevés actuels...

Conclusion

Figure 10

L'endommagement de réseaux souterrains peut avoir des conséquences bien trop importantes pour ne pas être prises au sérieux. Le coût humain d'abord, des blessures graves voire mortelles peuvent survenir. De plus, les coûts financiers dus aux pertes matérielles, aux réparations à entreprendre, au retard du chantier, sans compter les suites juridiques possibles peuvent rapidement devenir très importants. Il est indispensable de prendre conscience que la prévention de ce type d'accident à un coût largement inférieur aux complications possibles...

Lorsqu'un plan complet n'est pas disponible, une détection de réseaux peut venir en complément et prévenir les risques. Charge aujourd'hui aux gestionnaires de réseaux enterrés de profiter de cette évolution pour rationaliser leur gestion de données géoréférencées dans un SIG précis, complet, et à jour.

Geoffrey Cornette, Vincent Galley
Etat de Genève, Service de la mensuration officielle
geoffrey.cornette@etat.ge.ch, vincent.galley@etat.ge.ch

Historique du cadastre du sous-sol Genevois en quelques dates:

- Depuis 1990 environ, partage de données sous-sol entre partenaires du SITG.
- 2005 Modification du règlement concernant l'utilisation du domaine public le 1^{er} septembre qui rend obligatoire la transmission des géodonnées du sous-sol à tous les propriétaires de canalisations.
 - 2005 Crédit officiel d'un projet « Cadastre cantonal du sous-sol »
 - 2006 Engagement d'un chef de projet à 100 %.
 - 2006 Création d'un groupe de travail multi-partenaires.
 - 2006 Définition du modèle de données.
 - 2006 Premières intégrations de données d'entreprises privées.
 - 2007 Crédit du Geoportail – cadastre du sous-sol.
 - 2007 Transfert des compétences de gestion du cadastre technique du sous-sol (géotechnique de bâtiment sur parcelle privée) au SEMO.
 - 2010 Fin de la période transitoire pour l'acquisition numérique des données (septembre 2010).
 - 2011 Tous les propriétaires de canalisations identifiés ont transmis leur réseau.

Liens

www.geneve.ch/semo
www.sitg.ch

