HAL
open science

Les plateformes numériques au service des villes et des réseaux

Kimberley Provyn

To cite this version:

Kimberley Provyn. Les plateformes numériques au service des villes et des réseaux. Sciences de l'environnement. 2019. dumas-02185345

HAL Id: dumas-02185345

https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-02185345

Submitted on 16 Jul 2019

HAL is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.

CONSERVATOIRE NATIONAL DES ARTS ET METIERS

ÉCOLE SUPÉRIEURE DES GÉOMÈTRES ET TOPOGRAPHES

MÉMOIRE

présenté en vue d'obtenir

le **DIPLÔME NATIONAL DE MASTER**
« Sciences, Technologies, Santé »

Mention « Géographie, aménagement, environnement et développement »
Parcours « Identification, Aménagement et gestion du Foncier »

par

Kimberley PROVYN

Les plateformes numériques au service des villes et des réseaux

Soutenu le 04 juillet 2019

JURY

PRESIDENT :	**Monsieur Laurent MOREL**	**Président de jury**
MEMBRES :	**Monsieur Jean-Michel FOLLIN**	**Professeur référent**
	Monsieur Arnaud GALLAIS	**Second examinateur**
	Monsieur Jonathan KACED	**Maître de stage**
	Monsieur David BELLAISCH	**Maître de stage**

REMERCIEMENTS

Je souhaite adresser mes remerciements aux personnes qui m'ont apporté leur aide et leur soutien durant mes cinq mois de stage. A leur façon ils ont tous contribué au bon déroulement de mon travail de fin d'études, pour en faire une expérience professionnelle enrichissante.

Mes premiers remerciements s'adressent aux dirigeants de GTA pour m'avoir accueillie au sein de l'entreprise.

Je tiens à remercier plus particulièrement David Bellaisch, vice-président de GTA GE et président de GTA Energies, pour le temps et le réel suivi qu'il a consacré à mon TFE. Je suis également reconnaissante de tous ses conseils de savoir-faire et savoir-vivre au sein d'une entreprise. D'une certaine manière ils ont su me faire grandir, me remettre en question, et surtout ils m'ont appris à me projeter toujours plus loin dans mes objectifs et m'intéresser aux autres facettes de la vie en société.

Je souhaite aussi adresser toute ma gratitude à mon maître de stage Jonathan Kaced, pour sa disponibilité, sa bonne humeur et son accompagnement tout au long de mon stage. Ainsi il a largement contribué à rendre mon stage intéressant et enrichissant.

Par ailleurs je tiens à remercier chaleureusement les membres du pôle 3D pour leur sympathie et leur bienveillance. En effet j'ai eu la chance de travailler au sein d'un groupe qui sait allier professionnalisme, sérieux et bonne ambiance.

De manière générale, je suis reconnaissante envers tous les employés qui m'ont accueillie avec attention et beaucoup de gentillesse. Une pensée particulière pour Aleksandra Pesic, sans qui ce stage n'aurait pas été le même, en effet je la remercie pour toute la bonne humeur qu'elle m'a apportée en dehors des heures de travail.

Je souhaite adresser ma gratitude à mon tuteur pédagogique Monsieur Follin, pour sa disponibilité, sa réactivité et ses conseils judicieux qui ont permis d'orienter mes réflexions concernant mon sujet.

Pour finir, le soutien de mes camarades de classe, et plus particulièrement de Mathilde Bourlon qui m'a accompagnée dans cette expérience parisienne, m'a beaucoup aidée et rassurée, et cette solidarité est à l'image de ces deux belles années de master.

LISTE DES ABREVIATIONS

AIPR : Autorisation d'Intervention à Proximité des Réseaux

AMF : Association des maires de France

API : Application Programming Interface

ATU : Avis de Travaux Urgents

BIM : Building Information Model

CIM : City Information Model

CNIG : Conseil National de l'Information Géographique

CNNum : Conseil National du Numérique

C. env. : Code de l'environnement

DCE : Dossier de Consultation des Entreprises

DGPR : Direction Générale de la Prévention des Risques

DICT : Déclaration d'Intention de Commencement de Travaux

DREAL : Direction Régionale de l'Environnement, de l'Aménagement et du Logement

DT : Déclaration de projet de travaux

EPIC : Etablissement Public à caractère Industriel et Commercial

FNEDRE : Fédération Nationale des Entreprises de Détection de Réseaux Enterrés

GTA : Structure d'accueil de stage

IC : Investigations complémentaires

INERIS : Institut national de l'environnement industriel et des risques

INRS : Institut National de Recherche et de Sécurité

MTES : Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire

MO : Maître d'ouvrage

PCRS : Plan de Corps de Rue Simplifié

R&D : Recherche et Développement

SaaS : Du terme anglais Software As A Service, logiciel en tant que service

SIG : Système d'Information Géographique

WebGL : Bibliothèque de Graphisme Web, d'après le terme anglais Web Graphics Library

GLOSSAIRE

Déclarant de travaux : Personne physique ou morale effectuant la déclaration de projet de travaux ou la déclaration d'intention de commencement de travaux prévues respectivement aux articles R.554-21 et R.554-25.[1]

Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) : « *Ensemble des documents élaborés par l'acheteur public dans le cadre des procédures de marchés publics qui sont destinés aux entreprises intéressées par le marché, et dans lequel trouver les renseignements utiles pour élaborer sa candidature et son offre.* »[2]

Ecart en position : Distance entre la position d'un point selon des mesures effectuées en application du présent arrêté, et la position de ce même point selon des mesures de contrôle effectuées conformément à l'arrêté du 16 septembre 2003.[3]

Exécutant des travaux : « *Personne physique ou morale assurant l'exécution des travaux*. »[4]

Exploitant de réseaux : « *Celui qui exploite, opère, dispose d'un ouvrage, qu'il soit propriétaire ou non de cet ouvrage. En règle générale c'est aussi celui qui enregistre son ouvrage auprès du téléservice, paye la redevance et répond aux DT/DICT.* »[5]

Guichet unique des réseaux : Télé service recensant tous les réseaux implantés en France. Il s'agit d'une base de données en ligne regroupant les coordonnées des services supports exploitants, tout réseau aérien, souterrain ou subaquatique.

Incertitude maximale de localisation : « *Seuil à ne pas dépasser par les mesures d'écart de positon ; l'incertitude maximale de localisation est par défaut celle de la classe de précision de l'ouvrage ou du tronçon d'ouvrage correspondant.* »[6]

Investigations complémentaires (IC) : « *Recherche obligatoire de renseignements sur un ouvrage, à la charge du responsable de projet voire en partie de l'exploitant, qui doit être réalisée en phase projet (préalablement aux travaux) afin de mieux connaître l'emplacement*

[1] Décret n°2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, JORF n°0233 du 7 octobre 2011, art. 1
[2] Site du bulletin officiel des annonces des marchés publics : www.boamp.fr
[3] Arrêté du 15 février 2012 pris en application du chapitre IV du titre V du livre V du code de l'environnement relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, JORF n°0045 du 22 février 2012, art. 1
[4] C. env., art. R554-1
[5] Avis du 23 juin 2011 portant sur les exploitants de réseaux relatif à l'application de l'article R.554-10 du code de l'environnement
[6] Arrêté du 15 février 2012 pris en application du chapitre IV du titre V du livre V du code de l'environnement relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, JORF n°0045 du 22 février 2012, art. 1

des réseaux et de pouvoir s'assurer de la faisabilité technique du projet avant de choisir l'entreprise et d'engager les travaux. »[7]

Responsable de projet : Personne physique ou morale, de droit public ou de droit privé, pour le compte de laquelle les travaux sont exécutés, ou son représentant ayant reçu délégation.[8]

Réseau ou ouvrage : Tout ou une partie de canalisation, ligne, installation ainsi que ses branchements et équipements nécessaires à son fonctionnement.

[7] Rapport « F2 - Les investigations complémentaires (IC) et les opérations de localisation (OL) » consulté sur le site www.fntp.fr, le 10 juin 2019

[8] Institut National de Recherche et de Sécurité, Aide-mémoire technique sur les travaux à proximité des réseaux enterrés et investigations complémentaires sans fouille, Avril 2014.

SOMMAIRE

REMERCIEMENTS **2**

LISTE DES ABREVIATIONS **3**

GLOSSAIRE **4**

INTRODUCTION **8**

I. VERS UNE AMELIORATION DE LA REFORME « DT-DICT » AU MOYEN D'UNE PLATEFORME NUMERIQUE **11**

I. 1. UN CONTEXTE JURIDIQUE, LA REFORME « DT-DICT » **11**

I.1.1. Les textes en vigueur 11

I.1.1.1. Décret du 5 octobre 2011, applicable au 1er juillet 2012 : 11

I.1.1.2. Arrêté du 16 septembre 2003 12

I.1.1.3. Arrêté du 15 février 2012 13

I.1.1.4. Modifications de la réforme « DT-DICT » 13

I.1.2. Les objectifs de la réforme 14

I.1.2.1. Obligations des exploitants 14

I.1.2.2. Obligation des entreprises et MO 14

I.1.2.3. Intérêts respectifs 15

I.1.3. L'intégration des données avec le « guichet unique » et le « PCRS » 15

I.1.3.1. Le « guichet unique » 15

I.1.3.1. Le Plan de Corps de Rue Simplifié, « PCRS » 16

I. 2. UNE REFORME POUR TROIS ACTEURS MAJEURS **17**

I.2.1. Le contrôle de l'Etat 17

I.2.1.1. Les collectivités 17

I.2.1.2. INERIS 18

I.2.1.3. DREAL et DGPR 18

I.2.2. L'implication des concessionnaires de réseaux 19

I.2.3. Le rôle des prestataires de services 20

I. 3. UN PROJET AMBITIEUX, LA PLATEFORME NUMERIQUE **21**

I.3.1. Contexte de l'étude 21

I.3.1.1. Présentation du projet 21

I.3.1.2. Un projet en collaboration 21

I.3.1.3. Etat d'avancement 22

I.3.2. Présentation de la plateforme 22

I.3.2.1. Définition 22

I.3.2.2. Une innovation 22

I.3.3. Les ambitions de la plateforme 23

I.3.3.1. Chronologie des tâches 23

I.3.3.2. Résultats attendus 24

II. ELABORATION D'UNE MAQUETTE NUMERIQUE : UNE ETUDE A L'ECHELLE D'UN QUARTIER **25**

II. 1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE **25**

II.1.1. Paris et ses spécificités liées aux réseaux 25

II.1.1.1. Eau de Paris 25
II.1.1.2. Réseau d'assainissement 25
II.1.1.3. Les couches du sous-sol parisien 26
II.1.2. Description du quartier et des acteurs concernés 27
II.1.3. Demande de DT 27

II. 2. ETAPE TECHNIQUE : LA MODELISATION 27
II.2.1. Choix de la méthode 27
II.2.1.1. Modélisation sur Autocad 28
II.2.1.2. Création de fichier « SHP » 29
II.2.2. Observations des limites rencontrées 30
II.2.3. Analyse de la méthode « fourniture de fichiers shape 3D » 30

II. 3. DE LA MAQUETTE A LA PLATEFORME NUMERIQUE 31
II.3.1. Mise en place de la plateforme numérique 31
II.3.2. Accès à la plateforme et ses fonctionnalités 32
II.3.2.1. Mode SaaS 32
II.3.2.2 Outils et fonctionnalités 33
II.3.3. Une plateforme tournée vers le CIM 34

III. UN PROJET UTILE A CHACUN : LES AVANTAGES D'UN TEL INVESTISSEMENT 36

III. 1. UNE IMPLICATION POUR GTA 36
III.1.1. Un cout économique 36
III.1.1.1. Personnel mobilisé 36
III.1.1.2. Cas concret 36
III.1.2. Un besoin mais aussi un apport social 37
III.1.3. Un support technologique 37

III. 2. UN APPORT POUR LES CONCESSIONNAIRES 38
III.2.1. La mutualisation des données 38
III.2.2. Exécution des travaux facilitée 39
III.2.3. A terme, un avantage économique 39

III. 3. LES IMPACTS OBSERVES LOCALEMENT 40
III.3.1. Intérêt de la plateforme pour les mairies 40
III.3.2. Des riverains concernés par cette évolution 40

CONCLUSION 41

BIBLIOGRAPHIE 43

TABLE DES ANNEXES 46

TABLE DES ILLUSTRATIONS 54

INTRODUCTION

La France, avec quatre millions de kilomètres de réseaux dont deux tiers de réseaux enterrés ou subaquatiques, possède un sol souvent composé de câbles, fils, conduites, collecteurs, tuyaux et canalisations. La méconnaissance de leur localisation précise conduit à de nombreux accidents et notamment 100 000 dommages[9] chaque année lors de travaux à proximité de ces réseaux.

Or, l'endommagement des réseaux peut entrainer des conséquences sur la sécurité des travailleurs, des riverains et des biens, mais également sur la protection de l'environnement, et sur l'économie des projets. Pour donner suite à de graves accidents survenus lors de travaux à proximité des réseaux, les pouvoirs publics ont décidé de réformer en profondeur la réglementation et les pratiques en vigueur puis de se préoccuper, en utilisant les technologies récentes, de réaliser une véritable cartographie de leurs réseaux enterrés.

Ce plan d'action « Anti-endommagement » est défini dans la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 dite « Grenelle 2 », et est porté par différents décrets et arrêtés ministériels, dont celui du 5 octobre 2011. Ce nouveau décret DT-DICT du 5 octobre 2011, applicable au 1er juillet 2012, comporte deux objectifs : localiser les réseaux et disposer des informations nécessaires à la sécurité du chantier, mais aussi répartir les rôles et les responsabilités entre les différents acteurs des travaux à proximité des réseaux enterrés.
La reforme impose de nouvelles obligations aux maitres d'ouvrage, aux exploitants de réseaux, et aux exécutants de travaux. En effet, les exploitants de réseaux devront procéder à une amélioration continue de la cartographie de leurs réseaux, et fournir les plans de ceux-ci en réponse aux DT et DICT.

Une baisse de 30 % du nombre d'accrochages des réseaux sensibles a été observée[10]. Toutefois des problèmes persistent après la réforme. D'une part, un problème de compréhension des textes, en particulier sur le rôle du maître d'ouvrage notamment lorsqu'il existe un maitre d'œuvre car ce dernier n'est soumis à aucune obligation, sauf celles qui lui sont confiées par la collectivité et par écrit. D'autre part les délais de réalisation imposés par la réforme semblent difficiles à tenir. Par exemple les réseaux non sensibles, qui ne faisaient pas l'objet d'une échéance pour le patrimoine existant, sont finalement eux aussi concernés. Les réseaux non sensibles en unité urbaine auront l'obligation de fournir une cartographie en classe A en 2026, et 2032 pour les zones rurales[11]. Or réaliser une cartographie en classe A de l'ensemble des réseaux du territoire représente un cout et une masse de travail importante pour une échéance de 12 ans.

[9] Site de la Fédération Nationale des Entreprises de Détection de Réseaux Enterrés : www.fnedre.org
[10] Ministère de l'Environnement, de l'Energie et de la Mer lors de l'assemblée générale de la FNEDRE le 28 mars 2017, « DT-DICT : la réforme a porté ses fruits », La Gazette, 4 juillet 2017.
[11] D'après le site : www.dictservices.fr, consulté le 10 juin 2019

Ainsi la réforme a été modifiée par un décret du 17 juin 2014[12] et deux arrêtés du 18 juin et du 19 juin 2014. Les dispositions réglementaires ont modifié les articles R554-1 à R554-35 du code de l'environnement, ainsi que les arrêtés d'application de ces articles. Totalement nouveau, le second arrêté a défini des formats de fichiers numériques permettant l'envoi dématérialisé des DT et DICT et des avis de travaux urgents.

Malgré ces évolutions, la France souffre toujours d'un manque de connaissances de l'ensemble de ses réseaux. En effet les plans sont imprécis et les branchements anciens n'y sont pas répertoriés. Ces défaillances s'expliquent du fait que les travaux sont souvent effectués sans possibilité d'analyse préalable de la localisation des réseaux existants, ou fondés sur des données de localisation non garanties. On observe également une insuffisance d'investigations complémentaires avant l'attribution du marché de travaux, une profondeur réglementaire d'enfouissement des réseaux existants non respectée, et une altimétrie du terrain modifiée par remblai ou déblai. Par conséquent il est essentiel de poursuivre l'amélioration de la cartographie.

Actuellement le site du « guichet unique », un télé service de déclarations de travaux instauré depuis le 1er juillet 2012[13], permet aux exploitants de réseaux d'enregistrer leurs coordonnées et d'y référencer leurs ouvrages. De plus les exploitants de réseaux et les collectivités ont à leur disposition leur propre fond de plan pour localiser les réseaux enterrés et aériens. Le Conseil national de l'information géographique a validé en Juin 2015[14] les spécifications du Plan Corps de Rue Simplifié. Il s'agit d'un fond topographique unique disponible pour tous les acteurs impliqués dans des travaux à proximité de réseaux. Il a pour but de faciliter l'uniformisation des plans et la mise en commun d'informations entre chaque intervenant.

Le guichet unique est par la présente, le seul service apportant de l'information sur les réseaux enterrés et qui est mis à la disposition des acteurs concernés. Afin de remédier à ce manque d'information, le couplage du SIG, à la méthode de travail BIM serait une solution intéressante.

Les Systèmes d'Informations Géographiques sont conçus pour gérer et analyser les données spatiales et permettre le stockage de l'information dans une base de données. L'information des attributs associée aux caractéristiques spatiales stockées, permet une analyse plus poussée des éléments qui nous entourent à grande échelle.

Le Building Information Modeling est en plein essor. Il s'agit d'une méthode collaborative autour d'une maquette numérique. La modélisation est associée à l'élaboration d'une base de données qui intègre les informations nécessaires à une construction de sa conception jusqu'à la fin de vie du bâtiment.

[12] Réforme entrée en vigueur le 1er juillet 2014 et les dispositions réglementaires ont modifié les articles R.554-1 à R.554-35 du code de l'environnement, ainsi que les arrêtés d'application de ces articles.
[13] Décret n°2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, JORF n°0233 du 7 octobre 2011.
[14] Protocole d'accord de déploiement d'un plan corps de rue simplifié (PCRS), Paris, 24 juin 2015.

Ainsi un système intégrant BIM et SIG, associerait la méthode collaborative du premier, propre à un bâtiment, avec une base de données spatiale du second, propre à une ville. Ce système permettrait donc une gestion efficace d'un projet, étendue à l'échelle d'une ville.

Le TFE proposé s'intègre dans cette démarche permettant de répondre au besoin d'améliorer la cartographie et nos connaissances des réseaux en France, afin de faciliter l'exécution des travaux à proximité des réseaux. Pour y arriver, l'objectif est de développer, à l'aide du BIM et du SIG, un support numérique en trois dimensions dans lequel tous les réseaux seront répertoriés.
Dès lors se posent des questions concernant l'interaction du BIM et de la réforme « DT-DICT ». Ainsi, en quoi la réalisation d'une plateforme numérique pourrait améliorer la réforme « DT-DICT » ? Et une plateforme numérique peut-elle prétendre faciliter les travaux réalisés à proximité des réseaux enterrés ?

Pour répondre à ces questions, l'étude se déroulera selon trois parties. La première partie de ce mémoire sera dédiée à la définition du contexte juridique à travers la réforme « DT-DICT ». La seconde partie traitera de l'aspect technique de ce sujet. En effet dans le but de développer le projet, une modélisation des réseaux sur une zone d'étude a été effectuée. Deux méthodes furent utilisées et analysées avec les cabinets concernés. Enfin le mémoire s'achèvera sur une analyse des avantages mais également des coûts, d'une plateforme numérique au service des villes et des réseaux.

I. VERS UNE AMELIORATION DE LA REFORME « DT-DICT » AU MOYEN D'UNE PLATEFORME NUMERIQUE

Dans cette première partie, il est essentiel de définir les éléments sur lesquels repose notre étude. Ainsi nous allons déterminer le contexte juridique de notre sujet avec la réforme « DT-DICT », ensuite les trois principaux acteurs concernés par cette réforme seront mis en exergue. Enfin, l'objet de ce mémoire sera présenté, il s'agit de la plateforme numérique. L'objectif de cette dernière partie sera de comprendre l'intérêt d'une plateforme numérique pour la réforme.

I. 1. UN CONTEXTE JURIDIQUE, LA REFORME « DT-DICT »

I.1.1. Les textes en vigueur

I.1.1.1. Décret du 5 octobre 2011, applicable au 1er juillet 2012 :

Pour donner suite à des accidents importants lors de travaux nécessitant des interventions à proximité des réseaux enterrés, le Ministère de la Transition Ecologique et Solidaire, anciennement le MEDDTL (Ministère de l'Écologie, du Développement Durable, des Transports et du Logement) a décidé de lancer le « plan anti-endommagement ». Les grandes lignes de celui-ci ont été fixées par la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 dite loi « Grenelle 2 ». Ce plan d'action a ensuite été porté par la réforme « DT-DICT » du décret du 5 octobre 2011, applicable au 1er juillet 2012.
Ce décret a pour objet « *l'encadrement de la préparation et de l'exécution des travaux effectués à proximité de réseaux* »[15], ainsi on observe son impact sur les différentes phases nécessaires à l'exécution de travaux.

- Phase avant-projet :

Depuis la réforme « DT-DICT » le responsable doit, préalablement aux travaux, consulter le guichet unique en indiquant le périmètre d'emprise. Cette consultation du télé service permet d'obtenir toutes les informations nécessaires sur les exploitants d'ouvrages mais également les plans détaillés des ouvrages en arrêt définitif. Ensuite il doit adresser une DT à chacun des exploitants présents sur la liste fournie par le guichet unique. Une DT, déclaration de projet de travaux, contient une description de l'emprise des travaux et la nature des opérations susceptibles d'avoir un impact sur les ouvrages. Elle a pour but de vérifier la compatibilité du projet avec les réseaux existants et de connaitre les recommandations techniques de sécurité qui devront être appliquées. Les exploitants ont alors 9 jours pour répondre s'il s'agit d'une déclaration dématérialisée et 15 pour une DT papier[16]. La réponse devrait alors contenir les modifications ou extensions envisagées sur les réseaux dans un délai inférieur à 3 mois ; la

[15] Décret n°2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, JORF n°0233 du 7 octobre 2011
[16] Avis du 10 septembre 2012 relatif à l'analyse de la régularité des déclarations préalables aux travaux dans les premières semaines de la mise en application de la réforme anti-endommagement

précision de la localisation des tronçons selon les 3 classes de précision ; et toutes les informations utiles à la bonne exécution des travaux en pièce jointe. A partir des informations réceptionnées, le responsable de projet détermine si des investigations complémentaires[17] doivent être réalisées, notamment si l'incertitude sur la localisation géographique d'au moins un des ouvrages souterrains est susceptible de remettre en cause le projet ou la sécurité des travaux. Et dans le cas de figure où des IC sont effectuées, le résultat de ces dernières est transmis aux exploitants sous 9 jours pour qu'ils puissent mettre à jour leur cartographie.

- Phase de préparation des travaux :

A ce stade, ce n'est plus le responsable mais l'exécutant des travaux qui a la responsabilité de consulter le guichet unique et de prendre en compte les réponses aux DT. Ce dernier envoie une DICT, déclaration d'intention de commencement de travaux, aux exploitants de réseaux. Ce formulaire est semblable à celui de la DT, et les délais de réponses sont identiques. Cependant, il a pour objet d'indiquer aux exploitants de réseaux la localisation précise des travaux envisagés[18]. Les travaux ne pourront débuter qu'après réception de tous les récépissés des déclarations.

- Phase avant-travaux :

Le responsable de projet fait procéder au marquage ou piquetage au sol des ouvrages souterrains en service, il s'agit de matérialiser au sol le positionnement des réseaux à la peinture.

- Phase travaux :

Le responsable de projet s'assure que les personnes qui travaillent sur les réseaux ont une formation adaptée, et les exécutants de travaux doivent quant à eux veiller au maintien en bon état du marquage ou piquetage tout au long du chantier.

- Fin de phase de travaux :

Le responsable de projet doit procéder à la vérification du respect des distances entre réseaux, mais aussi aux relevés topographiques de l'installation par un prestataire certifié. Ces plans de récolement géoréférencés seront ensuite transmis aux exploitants pour la mise à jour de leur cartographie.

I.1.1.2. Arrêté du 16 septembre 2003

En effet les exploitants doivent s'assurer de la mise à jour de leur cartographie pour qu'à terme ils n'aient que des plans en classe de précision A. Les classes de précisions représentent un élément important de la réforme. Il en existe trois (A, B et C) et elles permettent d'identifier chaque tronçon d'ouvrage, mais elles influent également sur la nécessité de réaliser des investigations complémentaires.

Cette notion de classe de précision est définie dans l'arrêté du 16 septembre 2003. Selon cet arrêté, la vérification d'une classe de précision est basée sur une analyse des écarts entre les

[17] Voir définition dans glossaire
[18] Notice explicative pour la DT et la DICT

points de contrôle et les points issus des levés topographiques. En effet « *une mesure n'est considérée comme mesure de contrôle que lorsque sont mis en œuvre des procédés fournissant une précision meilleure que celle de la classe de précision recherchée, avec un coefficient de sécurité C au moins égal à 2. C'est le rapport entre la classe de précision des points à contrôler et celle des déterminations de contrôle, classe de précision qui est elle-même évaluée selon les règles de l'art* »[19] ; par conséquent les résultats des mesures complémentaires doivent être au moins deux fois plus précis que la classe de précision annoncée.

I.1.1.3. Arrêté du 15 février 2012

L'Arrêté du 15 février 2012 a pour objet « *l'encadrement de la préparation et de l'exécution des travaux effectués à proximité des réseaux* »[20].
L'article 1 de ce dernier complète l'arrêté du 16 septembre 2003 en définissant les trois classes de précision cartographique des ouvrages :
- Classe A : un ouvrage ou tronçon d'ouvrage est rangé dans la classe A si l'incertitude maximale de localisation indiquée par son exploitant est inférieure ou égale à 40 cm s'il est rigide, ou à 50 cm s'il est flexible ; l'incertitude maximale est portée à 80 cm pour les ouvrages souterrains de génie civil attachés aux installations destinées à la circulation de véhicules de transport ferroviaire ou guidé, lorsque ces ouvrages ont été construits antérieurement au 1er janvier 2011 ;
- Classe B : un ouvrage ou tronçon d'ouvrage est rangé dans la classe B si l'incertitude maximale de localisation indiquée par son exploitant est supérieure à celle relative à la classe A et inférieure ou égale à 1,5 mètres ;
- Classe C : un ouvrage ou tronçon d'ouvrage est rangé dans la classe C si l'incertitude maximale de localisation indiquée par son exploitant est supérieure à 1,5 mètres, ou si son exploitant n'est pas en mesure de fournir la localisation correspondante.
La réforme impose qu'au 1er janvier 2020, les exploitants devront utiliser un fond de plan géoréférencé, donc en classe de précision A, pour tous les réseaux sensibles dans les unités urbaines. Cette obligation s'étendra à tous les plans de réseaux sensibles fournis en réponse aux DT-DICT pour juillet 2026.

I.1.1.4. Modifications de la réforme « DT-DICT »

Plusieurs décrets et arrêtés se sont succédés afin d'améliorer le plan « Anti-endommagement » de la loi n°2010-788 du 12 juillet 2010 dite « Grenelle 2 » et la réforme du décret du 5 octobre 2011. En effet certains problèmes furent constatés tels que le manque de formation des personnes intervenants à proximité des réseaux. Ainsi l'arrêté du 19 juin 2013 a permis d'encadrer la certification des prestataires en matière de géoréférencement et de

[19] Arrêté du 16 septembre 2003 portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques réalisés par l'Etat, les collectivités locales et leurs établissements publics ou exécutés pour leur compte, JORF n°252 du 30 octobre 2003, art. 3
[20] Arrêté du 15 février 2012 pris en application du chapitre IV du titre V du livre V du code de l'environnement relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, JORF n°0045 du 22 février 2012

détection des réseaux. Il a aussi mis à jour les fonctionnalités du télé service « réseaux-et-canalisation.gouv.fr ».
De plus, depuis le 1er janvier 2018 et selon l'arrêté du 22 décembre 2015, l'AIPR, l'autorisation d'Intervention à Proximité des Réseaux, est devenue obligatoire pour tous les acteurs intervenant dans la préparation ou l'exécution de travaux à proximité des réseaux. Cette attestation de compétences est délivrée par l'employeur à ses salariés, pour une durée maximale de 5 ans, par le biais de différents modes de preuves[21] :

- un organisme fondateur qui prend en compte la réforme « anti-endommagement »,
- un examen QCM encadré par l'Etat,
- un titre ou diplôme prenant en compte la réforme.

L'arrêté du 19 juin 2014 à quant à lui, définit les formats de fichiers numériques pour l'envoi dématérialisé des DT, DICT et ATU de manière à plus facilement respecter les délais de réponse imposés par la réforme.
Enfin, un autre exemple d'arrêté ayant participé à l'amélioration de la réforme est celui du 27 décembre 2016. Ce dernier valide la création d'un guide d'application de la réglementation, en trois fascicules. Ce guide se veut être un document pratique et opérationnel dans la mise en œuvre de la réglementation lors de chantiers à proximité de réseaux. Destiné à la fois au concepteur de projet et à l'exécutant des travaux, il donne des directives sur l'application de la réglementation et des fiches pratiques à l'intention de l'encadrement.[22]

I.1.2. Les objectifs de la réforme

I.1.2.1. Obligations des exploitants

Depuis la mise en place de la réforme, les obligations des exploitants ont été redéfinies. Ils doivent notamment déclarer leurs linéaires ainsi que les emprises de leurs réseaux sur le guichet unique chaque année et s'acquitter de la redevance. Les exploitants doivent également répondre aux DT, DICT et ATU en respectant les délais impartis. Les ATU font d'ailleurs l'objet d'un meilleur encadrement puisque tous les exploitants de réseaux sensibles doivent être appelés afin qu'ils puissent indiquer leur position. Cependant l'obligation la plus contraignante qui les concerne est le classement de l'ensemble des réseaux sensibles en classe A à partir du 1er janvier 2020. L'échéance est très courte car si beaucoup de réseaux sont connus, peu d'entre eux le sont avec une classe de précision A.
Ainsi, les exploitants sont de plus en plus sollicités, leurs obligations réglementaires et les procédures imposées par la réglementation amènent une charge de travail ainsi qu'un coût financier supplémentaire.

I.1.2.2. Obligation des entreprises et MO

[21] Site du téléservice : www.réseaux-et-canalisations.ineris.fr
[22] Tous les décrets et arrêtés relatifs à la réforme listés sur le site : www.dictservices.fr ; dans l'onglet « Infos DT, DICT, procédures, Textes de loi »

Les entreprises et MO se voient également soumis à de nouvelles obligations qui découlent de la réforme. Les plus évidentes sont la consultation du guichet unique, l'envoi de DT et DICT aux exploitants et la réalisation d'IC ; mais à présent ils doivent aussi contacter les exploitants en cas d'accrochage de réseau ou lorsqu'un réseau n'a pas été correctement recensé et indiqué sur les récépissés de DICT, notamment si celui-ci remet en question la réalisation du projet.
Ensuite la réglementation impose aux maîtres d'ouvrage de diffuser les IC à chaque exploitant. Or, ces données sont de qualité très variable et les présentations différentes, leur récupération et intégration dans une base de données nécessitent plus ou moins de travail, en effet l'exploitant n'a aucun moyen d'imposer sa charte graphique.
Enfin le MO doit joindre l'ensemble de ces démarches et leurs résultats au DCE, tenir compte financièrement des recommandations techniques fournies par les exploitants, et l'exécutant des travaux doit veiller à appliquer le Guide Technique.

I.1.2.3. Intérêts respectifs

La cartographie des réseaux est la base d'une bonne gestion patrimoniale car elle implique une analyse des dysfonctionnements du réseau. Il est donc essentiel que l'ensemble des ouvrages de gestion du réseau soit connu et répertorié, aussi bien le linéaire que le dimensionnement des ouvrages.
Le géo référencement et la mise à jour des réseaux sensibles en classe A permet justement de connaître précisément le linéaire de réseaux. Ces informations doivent permettre à l'exploitant d'estimer le renouvellement des ouvrages ou de leurs déviations lors de programmes immobiliers en estimant également leur coût pour les années à venir.
Connaître précisément la position des réseaux permet une meilleure prise en compte de la sécurité lors des travaux. Par exemple lorsqu'un réseau sensible est identifié, tant que l'exécutant n'a pas reçu les réponses de DICT, il est en droit de refuser le démarrage de ses travaux sans pour autant craindre de préjudices.

I.1.3. L'intégration des données avec le « guichet unique » et le « PCRS »

I.1.3.1. Le « guichet unique »

Le décret n°2010-1600 du 20 décembre 2010 a instauré un guichet unique français[23]. Cet outil est destiné à collecter les coordonnées des exploitants de tous réseaux implantés et les cartographies plus ou moins précises des réseaux. De cette manière, depuis le 1er juillet 2012, les maîtres d'ouvrage et entreprises prévoyant des travaux peuvent avoir accès instantanément et gratuitement à la liste des exploitants dont les réseaux sont concernés par ces travaux[24].

[23] C. env., art. R554-2
[24] Décret n°2010-1600 du 20 décembre 2010 relatif au guichet unique créé en application de l'article L554-2 du code de l'environnement, JORF n°0296 du 22 décembre 2010

Ainsi le site du guichet unique est ouvert aux utilisateurs 24 heures sur 24 et sept jours sur sept[25]. Ces derniers ont un accès gratuit, à l'exception des prestataires de services, et ils peuvent y tracer une emprise de chantier, soit en saisissant des adresses, soit en traçant cette emprise sur un fond de carte, pour obtenir la liste et les coordonnées des exploitants concernés. Les données sont mises à jour hebdomadairement en fonction des informations transmises par les gestionnaires de réseaux[26]. Le guichet unique est au cœur des relations entre les différents acteurs car il centralise l'information et permet ainsi de faciliter la communication.

Grâce au téléservice, l'utilisateur peut réaliser ses déclarations de travaux de façon dématérialisée. Le téléservice détermine ensuite les coordonnées de chaque sommet constituant l'emprise des travaux. Une fois l'emprise validée par le déclarant, celui-ci reçoit un numéro de consultation servant de justificatif, un fond de plan avec l'emprise des travaux, la liste et les coordonnées des gestionnaires des réseaux de cette emprise, les formulaires de déclarations de travaux préremplis, les plans géoréférencés des éventuels ouvrages souterrains[27]. L'utilisateur n'a alors plus qu'à remplir la déclaration, y annexer le plan et envoyer ces éléments à chaque exploitant dont il a les coordonnées. Le guichet unique facilite ainsi cette phase du chantier par rapport à la méthode classique de déclaration.

Tous les destinataires de DT et DICT doivent apporter une réponse au déclarant par le biais d'un récépissé, même lorsque la distance entre les travaux prévus et le réseau fait que ce dernier n'est pas concerné. Il n'est pas acceptable que l'exploitant conserve sa réponse et des plans du réseau à disposition dans ses locaux.

I.1.3.1. Le Plan de Corps de Rue Simplifié, « PCRS »

Face aux difficultés de maîtrise et de gestion du sous-sol et de la voirie publique, la réforme anti-endommagement des réseaux devait sécuriser les travaux en améliorant le repérage des réseaux et en facilitant les échanges d'informations sur la base d'un même référentiel. Le PCRS répond à ce besoin de description simplifiée des réseaux sur une représentation précise de la voirie. En effet le PCRS constitue « *le socle commun topographique minimal de base décrivant à très grande échelle les limites apparentes de la voirie* »[28]. La signature formelle du projet a eu lieu le 24 juin au palais du Luxembourg[29].

Le CNIG, Conseil National de l'Information Géographique spécifie les données à incorporer pour sa création et définit leur nomenclature. Ainsi le PCRS repose sur 3 piliers : normalité, interopérabilité et responsabilité[30]. Le PCRS a vocation à faciliter et à clarifier les

[25] Arrêté du 22 décembre 2010 fixant les modalités de fonctionnement du guichet unique prévu à l'article L554-2 du code de l'environnement, JORF n°0048 du 26 février 2011
[26] LUGLI T., *Les réseaux enterrés : savoir avant de creuser*, Travail de Fin d'Etudes/ESGT, 2012
[27] Arrêté du 22 décembre 2010 fixant les modalités de fonctionnement du guichet unique prévu à l'article L554-2 du code de l'environnement, JORF n°0048 du 26 février 2011
[28] Conseil National de l'Information Géographique, Rapport sur le Plan de Corps de Rue Simplifié, 14 mai 2015
[29] TIRILLY S., *Apport des plans à grande échelle dans un système informatique territorial mise à jour de données métier et constitution d'un fond de plan adapté*, Travail de Fin d'Etudes/ESGT, 2015
[30] *Ibid.*

échanges entre les gestionnaires et les exploitants réseaux. L'ensemble des intervenants d'un projet partage un socle commun topographique qui leur permettra de commencer le projet sur une même base, avec une même base de données. Il est destiné à servir de support à un grand nombre d'applications requérant une précision d'ordre centimétrique (entre 1 et 10 cm) et un géoréférencement. La zone géographique d'application du référentiel est la France entière[31].

Sa fabrication et sa mise à jour sont des processus qui impliquent plusieurs acteurs : le gestionnaire du PCRS, le maître d'ouvrage, le gestionnaire de réseaux, le bureau d'études, l'entreprise de travaux et le géomètre topographe. Le PCRS se construit autour de plusieurs rubriques d'objet, les affleurants de réseaux et les éléments d'habillage. Les objets du PCRS doivent être caractérisés par une géométrie vectorielle simple (lignes, points ou surfaces) définie en planimétrie et si possible en altimétrie.

La constitution du fond de plan est catégorisée en plusieurs thématiques dans le PCRS tels que la topographie, le bâti, la voirie, le ferroviaire, les clôtures, le végétal et les ouvrages d'arts. Dans ces différentes thématiques, plusieurs renseignements sont répertoriés tels que l'identifiant d'objet ou la précision altimétrique et planimétriques. En ce qui concerne les réseaux, il s'agit de la table « AffleurantPCRS ». En effet, cette rubrique renseigne sur les éléments affleurants la voirie comme les avaloirs, coffret, armoire ou tampon.

Finalement, le PCRS est une bonne solution pour répondre à la qualité de précision requis dans les DT-DICT. Par ailleurs il a également un aspect durable et économique. Sa numérisation et sa gestion sous forme de base de données à travers un SIG, permet aux différentes collectivités d'avoir à leur disposition des données pérennes. En autre, il ne sera plus nécessaire de refaire un plan de rue complet mais seulement des mises à jour de la base de données.

Cependant, les moyens pour le réaliser sur l'ensemble du territoire ne sont pas encore disponibles, l'objectif est de le constituer au fur et à mesure. Toutefois à partir de 2020, le fond de plan devra répondre à la qualité demandée pour les réseaux sensibles, or, à ce jour, la création d'un PCRS n'est pas obligatoire.

I. 2. UNE REFORME POUR TROIS ACTEURS MAJEURS

I.2.1. Le contrôle de l'Etat

I.2.1.1. Les collectivités

[31] Société GTA Rapport sur le PCRS et sa mise en œuvre terrain, 22 février 2016 et mis à jour le 12 octobre 2016.

Les collectivités sont au cœur de l'application de la réforme anti endommagement car elles peuvent selon les situations être responsables de projet, exploitantes de réseaux ou exécutantes de travaux[32] (voir figure 1).
Lorsqu'elles ont le rôle de maitre d'ouvrage, elles contribuent directement au développement urbain et se doivent de bien préparer les DT et les marchés de travaux. A l'inverse en tant qu'exploitantes de réseaux notamment d'éclairage public, d'eau ou de télécoms, les collectivités répondent aux DT et DICT, et elles récolent tous les réseaux neufs ou modifiés en classe A. Enfin quand les collectivités sont exécutantes de travaux en régie, par exemple pour la maintenance de voirie, de parcs et de jardins, elles ont la mission de bien préparer les DICT et veiller à respecter le Guide technique. Par ailleurs, elles supervisent les travaux sur la voirie de tous les concessionnaires, et elles assurent la police générale du bon ordre, de la sûreté, de la sécurité et de la salubrité publique dans l'espace communal.

I.2.1.2. INERIS

L'INERIS, Institut National de l'Environnement Industriel et des Risques, est chargé de la création et du bon fonctionnement du guichet unique (voir figure 1). Il a pour mission de collecter, d'archiver et de transmettre l'information. Il s'agit d'un EPIC placé sous la tutelle du MTES, ministère de la transition écologique et solidaire. Cet institut créé en 1990 joue un rôle important dans la prévention des risques liés aux activités économiques et industrielles[33].

L'INERIS se voit affecté de plusieurs responsabilités. Il doit gérer les coordonnées des exploitants, mettre à la disposition des responsables de projets les informations et les formulaires de déclaration pré remplis et fournir à l'Etat l'ensemble des informations gérées par le guichet unique. De plus l'INERIS se doit d'inviter les exploitants à remédier à l'absence de déclaration sur le guichet unique, de signaler au ministre chargé de la sécurité des réseaux de transport et de distribution en cas d'absence de mise en conformité au-delà d'un délai de 2 mois. Enfin les prescriptions techniques permettant de prévenir tout endommagement des ouvrages devront être fournies aux exécutants de travaux[34]. Sur le plan technique, il est aussi responsable de la confidentialité des données transmises par tous les déclarants et de l'échange sécurisé de celles-ci.

I.2.1.3. DREAL et DGPR

L'Etat, à travers ses services déconcentrés, exerce un contrôle sur la gestion des travaux sur les réseaux enterrés. Tout d'abord, les DREAL relèvent du ministère en charge de l'écologie, de l'énergie, du développement durable et de l'aménagement du territoire. Elles exercent leurs missions sous l'autorité du préfet de région et sous celle du préfet de département afin de s'assurer de la bonne transmission des besoins territoriaux de l'Etat. Les DREAL s'occupent du contrôle et de la sécurité notamment des activités industrielles, de la prévention

[32] BOESCH J., Diaporama du colloque à Saint-Brieuc, 8 mars 2017.
[33] D'après le site de l'INERIS : www.ineris.fr, consulté le 12 juin 2019.
[34] C. env., art. R554-4

des pollutions, des risques naturels et technologiques, et des installations classées pour la protection de l'environnement.

Ensuite, la DGPR, direction générale de la prévention des risques, au niveau régional s'appuie sur les DREAL. La DGPR élabore et met en œuvre des politiques relatives à la connaissance, l'évaluation, la prévention et la réduction des pollutions, des risques naturels ou de ceux liés à l'activité humaine et la sécurité des ouvrages hydrauliques. Pour répondre au mieux à ses obligations, la DGPR est organisée autour de trois services. Il s'agit du service des risques technologiques, de la prévention des nuisances et de la qualité de l'environnement et des risques naturels et hydrauliques. Le SRT s'occupe principalement de la prévention des risques d'accidents, il concerne plus de 500 000 installations classées, 4 000 anciennes mines, le transport des matières dangereuses notamment par canalisations, mais aussi la prévention des sites et des sols pollués ou la sécurité de l'utilisation du gaz[35]. Ce service va agir par le biais d'actions techniques et réglementaires avec la mise en place d'outils d'application et de supports d'information.

I.2.2. L'implication des concessionnaires de réseaux

Le concessionnaire ou exploitant de réseau est celui qui exploite, opère ou dispose d'un ouvrage en tant que propriétaire ou non. C'est en règle générale celui qui enregistre son ouvrage auprès du guichet unique, paye la redevance et répond aux DT/DICT. Ainsi les désignations telles que gestionnaire, opérateur, distributeur, transporteur, sont des synonymes d'exploitants de réseaux[36].

Un certain nombre d'ouvrages sensibles sont concernés par la réforme, ils sont définis dans le code de l'environnement article R554-2, il s'agit de[37] :

- Canalisations contenant des hydrocarbures liquides ou liquéfiés
- Canalisations contenant des produits chimiques liquides ou gazeux
- Canalisations contenant des gaz combustibles
- Canalisations de transport et de distribution de vapeur d'eau, d'eau surchauffée, d'eau chaude, d'eau glacée, ou de tout autre fluide caloporteur ou frigorigène
- Lignes électriques et réseaux d'éclairage public
- Installations destinées à la circulation de véhicules de transport public ferroviaire ou guidé
- Canalisations de transport de déchets par dispositif pneumatique sous pression ou par aspiration
- Ouvrages conçus ou aménagés en vue de prévenir les inondations ou les submersions.

[35] Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, Plaquette DGPR
[36] Site du télé service : « www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr »
[37] Fascicule 1 du guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux.

I.2.3. Le rôle des prestataires de services

La réforme DT-DICT implique que les responsables de projets de travaux doivent recourir à des prestataires certifiés pour 2 types de prestations : les prestataires d'aide et les prestataires en investigations complémentaires ou en récolement de réseaux neufs.

Les premiers sont des personnes qui proposent de prendre en charge les procédures de déclarations de travaux auprès du guichet unique à la place des responsables de projets, des particuliers ou des entreprises exécutant des travaux. Ils sont ainsi rémunérés par ces derniers. Ils utilisent les informations du guichet unique pour le compte d'autrui. Ils ont donc besoin d'un accès professionnel au guichet unique, qui leur fait payer une redevance[38].

Ensuite, les prestataires s'occupent des IC en phase projet lorsque celles-ci sont obligatoires, et des récolements des réseaux neufs ou des modifications de réseaux existants lorsque le maître d'ouvrage des travaux de pose est différent du premier exploitant du réseau[39]. En effet depuis le 1er janvier 2018 il est obligatoire de recourir à un prestataire certifié pour les investigations complémentaires. Il existe la fédération nationale des entreprises de détection de réseaux enterrés. Il s'agit d'une structure fédérale créée en mars 2011[40] qui rassemble les acteurs et l'information du métier de la détection de réseaux enterrés.

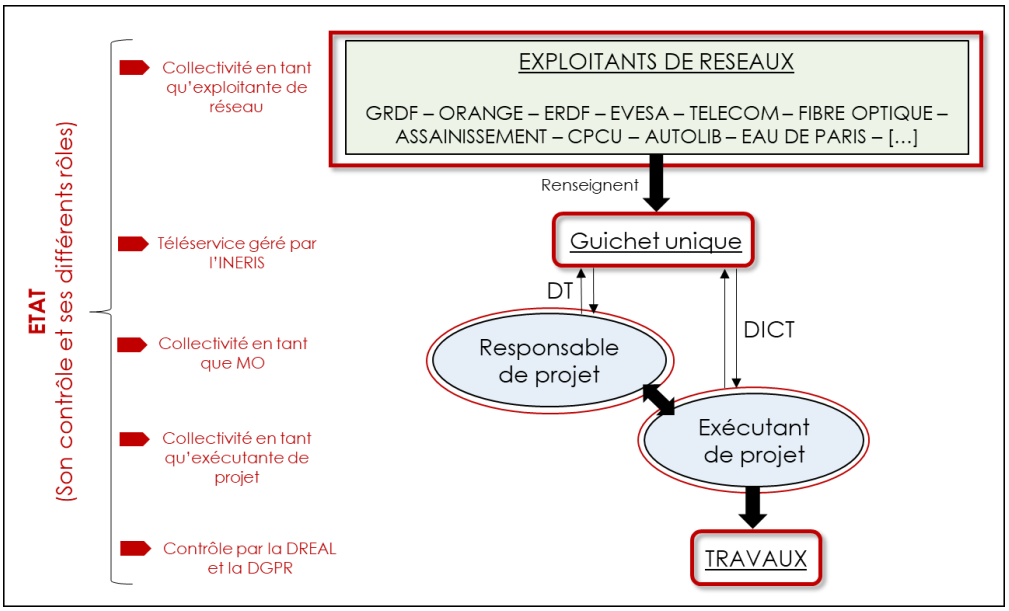


Figure 1 : Les acteurs de la réforme DT-DICT

Néanmoins, malgré une volonté de la réforme d'améliorer la cartographie des réseaux, un manque de connaissance du sous-sol français se fait ressentir. Le guichet unique est un service efficace pour récolter les informations d'une zone d'étude, toutefois ces informations sont reçues de manière individuelle sur des plans en deux dimensions. Ainsi grâce au guichet unique la composition du sol est connue mais la position des éléments qui le compose est

[38] LUGLI T., *Les réseaux enterrés : savoir avant de creuser*, Travail de Fin d'Etudes/ESGT, 2012
[39] D'après le site du télé service : « www.reseaux-et-canalisations.ineris.fr »
[40] Site de la FNEDRE : « www.fnedre.org »

approximative. Le PCRS est une première solution puisqu'il s'agit d'une base commune sur laquelle les réseaux y sont ajoutés et où l'information pourra être mutualisée. Seulement cet outil n'est pas obligatoire et beaucoup de collectivités font le choix de s'en passer. En effet sa mise en place représente un coût qui impliquerait une aide financière de la part de l'Etat et des opérateurs de réseaux[41]. Enfin la mise à jour en classe de précision A des plans de concessionnaires demande beaucoup de travail à ces derniers. Par conséquent l'échéance concernant l'actualisation des plans de tous les réseaux sensibles en classe A, initialement fixée le 1er janvier 2019, fut repoussée au 1er janvier 2020[42]. Pour conclure, on constate qu'atteindre une meilleure précision de la cartographie est difficile, ce qui explique l'essor de projets de recherche et développement sur ce sujet.

I. 3. UN PROJET AMBITIEUX, LA PLATEFORME NUMERIQUE

L'objet de ce mémoire est la mise en place d'une plateforme numérique pour répondre au besoin d'améliorer la cartographie des réseaux enterrés dans le cadre de la réforme DT-DICT. Il s'agit d'une nouvelle proposition pertinente car la modélisation 3D répondrait à la classe de précision A, et les fonctionnalités qu'offrirait la plateforme faciliteraient grandement la réalisation de travaux à proximité des réseaux.

I.3.1. Contexte de l'étude

I.3.1.1. Présentation du projet

Pour répondre aux besoins d'amélioration de la cartographie des réseaux et permettre de faciliter l'exécution de travaux, les cabinets GTA GE et TT GE décident de mettre en place une plateforme numérique des réseaux enterrés. En effet cette dernière sera constituée du nuage de points du corps de rue, et de la modélisation du sous-sol français composé de canalisations, fourreaux et autres ouvrages de l'ensemble des réseaux.

I.3.1.2. Un projet en collaboration

Ce projet repose sur la collaboration entre deux cabinets de géomètres-experts, GTA et TTGE. Les deux entités ont décidé de travailler ensemble de manière à grouper leurs compétences et permettre la réalisation de ce projet. [43]

Ainsi, GTA se charge de l'apport des données d'entrée c'est-à-dire que la société va collecter les informations relatives aux réseaux à partir des DT/DICT ou d'investigations complémentaires. Ensuite elle s'occupe de modéliser les informations en souterrains et d'en

[41] Selon le site : www.banquedesterritoires.fr
[42] GUYARD G., *Evolution de la réglementation anti-endommagement : tous concernés !*, 7 janvier 2019 - consulté à l'adresse : www.infoelectricien.com
[43] Cabinet GTA GE, Compte-rendu d'entretien entre TTGE et GTA GE

créer des fichiers SHP. La suite du projet qui concerne la plateforme est prise en charge par TTGE, ces derniers vont développer la plateforme, y intégrer les données de GTA et mettre en place les outils qui permettront de rendre l'interface ludique et interactive.
Enfin se projet ne pourrait s'établir sans l'apport des données des concessionnaires de réseaux, ils participent donc indirectement à son élaboration.

I.3.1.3. Etat d'avancement

Le démarrage du projet a eu lieu en juin 2018, autour d'une réunion regroupant les cabinets GTA et TTGE. La plateforme numérique était déjà développée chez TTGE mais nécessitait d'être améliorée afin d'accueillir la modélisation des réseaux. Au commencement de cette étude il a été convenu de réaliser la modélisation des réseaux enterrés d'un corps de rue. Ce premier test fut établi à partir du logiciel Civil 3D et une première liste d'attributs à renseigner fut établit. Par manque de maitrise, la solution Civil 3D fut très vite abandonnée et remplacée par Autocad. Pendant six mois plusieurs essais furent effectués afin de trouver le meilleur format à utiliser pour intégrer les réseaux sur la plateforme. En effet des problèmes récurrents de déformations et de géoréférencement furent constatés notamment avec les formats FBX et OBJ. A mon arrivée, mon rôle à travers mon TFE était de poursuivre le développement de la plateforme avec une nouvelle zone d'étude.

I.3.2. Présentation de la plateforme

I.3.2.1. Définition

Une plateforme numérique est selon le Conseil national du numérique « Un service occupant une fonction d'intermédiaire dans l'accès aux informations, contenus, services ou biens édités ou fournis par des tiers. Au-delà de sa seule interface technique, elle organise et hiérarchise les contenus en vue de leur présentation et leur mise en relation aux utilisateurs finaux. À cette caractéristique commune s'ajoute parfois une dimension écosystémique caractérisée par des interrelations entre services convergents. »[44].
En effet, la plateforme numérique qui fait l'objet de ce mémoire va organiser les informations fournies par les exploitants de réseaux et cette donnée sera rendue accessible aux différents acteurs par le biais d'une interface dynamique avec la modélisation 3D des réseaux. Ainsi la plateforme occupe bien la fonction d'intermédiaire à l'accès à l'information, selon une dimension écosystémique car elle implique une interaction entre exploitants de réseaux, maitre d'ouvrage et prestataires de services.

I.3.2.2. Une innovation

[44] CNNum, Rapport « Ambition numérique : pour une politique française et européenne de la transition numérique ». 2015

Actuellement la cartographie des réseaux enterrés reste très imprécise et malgré l'existence du PCRS, un fond topographique unique disponible pour les acteurs impliqués, la représentation et la localisation des réseaux demeurent plus ou moins schématiques selon les plans de concessionnaires. De plus il n'existe que des plans 2D sur lesquels l'altimétrie n'est pas toujours renseignée et les réseaux pas tous rassemblés.
Par conséquent, un support avec une visualisation 3D de l'ensemble des ouvrages enterrés comportant :

- leur profil, position planimétrique et altimétrique, diamètre, longueur ;
- le nuage de point pour habiller et localiser les réseaux ;
- des informations accessibles pour chacun des réseaux ;
- des outils comme la mesure de distances, la sélection de coupes ;
- une localisation Google Maps

Représenterait une avancée inédite qui s'inscrirait dans le cadre de la réforme « Anti-endommagement ».

Ensuite la conception de la plateforme représente en elle-même une innovation. Comme dit précédemment, l'objectif est d'associer la méthode de travail BIM propre à une construction, avec un SIG étendu sur une ville. En effet le contenu de la plateforme est réalisé à partir d'un SIG qui gère l'ensemble des informations fournies par les exploitants de réseaux. Le contenu de cette base de données peut être analysé et exploité. La partie BIM est quant à elle présente par la modélisation des réseaux en trois dimensions réalisée grâce à la collaboration des exploitants de réseaux et du cabinet GTA. La modélisation est donc croisée à la base de données SIG pour qu'elle soit appliquée à l'échelle d'une ville.

I.3.3. Les ambitions de la plateforme

I.3.3.1. Chronologie des tâches

Cette alliance du BIM et du SIG s'effectue par le biais de différentes tâches traduites dans le tableau suivant. Le relevé au scanner peut être réalisé en parallèle du traitement des données de DT-DICT. En revanche, une détection de réseaux doit être faite en amont de la partie Autocad, lorsque les plans de DT ne permettent pas de localiser les réseaux en planimétrie et en altimétrie. La préparation des données est établie suivant l'ordre donné dans le tableau (Figure 2), et enfin le résultat final sera visible une fois les linéaires et profils transmis et traités par TTGE.

	Missions	***Objectif***	***Ressources***	***Acteurs***	***Remarques***
TERRAIN	Relevé 3D des corps de rue	Obtenir le nuage de point de la zone d'étude	Scanner dynamique	TTGE	Réalisé au fur et à mesure, selon les zones sélectionnées
	Détection de réseaux	Obtenir une classe de précision A	Géoradar/Détecteur électromagnétique	GTA	Etape non systématique

PREPARATION DE LA DONNEE	Demande DT-DICT	Collecter et rassembler la donnée	Plan des concessionnaires	GTA	Prestataire Sogelink pour GTA
	Report des linéaires et des profils	Représenter les réseaux de manière à permettre l'extrusion	Autocad	GTA	Prévoir environ 3 jours de bureau pour 250 mètres de voirie et 3000 mètres de linéaire de réseaux.
	Création et attribution des attributs	Renseigner les linéaires et profils	Autocad	GTA	
	Création des shapes	Format d'échange pour insérer dans la plateforme	Autocad	GTA	
PLATEFORME	Insertion des SHP et du nuage de points	Insérer de la donnée sur la plateforme	Plateforme	TTGE	Une fois modélisés, la cohérence des réseaux entre eux devra être contrôlée. Les éventuelles collisions devront être corrigées.
	Extrusion	Modélisation 3D des réseaux	Programme propre à TTGE	TTGE	

Figure 2 : Tableau des tâches

I.3.3.2. Résultats attendus

A l'issue du projet, l'objectif à atteindre est d'avoir une plateforme numérique avec une interface ludique et ergonomique qui se composera des réseaux et du nuage de points. Une surcouche permet d'avoir un point de vue Google Street sur une fenêtre, et plusieurs outils seront développés notamment de manière à pouvoir mesurer des distances, des surfaces et réaliser des coupes. Les visiteurs de la plateforme pourront également trouver toutes les informations relatives aux réseaux à un endroit donné. Ainsi ils pourront être informés des dernières mises à jour, des travaux réalisés, des travaux à venir, des travaux en cours avec leurs délais de réalisation et état d'avancement. Enfin les exécutants de projet auront la possibilité de vérifier la faisabilité de leurs travaux en observant, selon un parcours précisé, la position en trois dimensions des réseaux. Ils pourront alors constater l'absence ou la présence de collisions et réaliser un plan d'actions en conséquence.
A présent la seconde partie de ce mémoire va illustrer l'interaction entre les différents acteurs et présenter l'élaboration de la plateforme.

II. ELABORATION D'UNE MAQUETTE NUMERIQUE : UNE ETUDE A L'ECHELLE D'UN QUARTIER

Cette seconde partie est consacrée à l'élaboration d'un fichier « type » compatible avec les besoins de la plateforme. En effet pour davantage comprendre l'intérêt de ce projet, il est intéressant d'en établir un exemple à l'échelle d'un quartier. Pour cela une zone d'étude a été choisie afin d'y modéliser les réseaux selon la méthode définie par le cabinet GTA GE. Cette seconde partie s'achèvera sur l'aspect SIG et BIM à travers l'analyse de la conception de la plateforme.

II. 1. PRESENTATION DE LA ZONE D'ETUDE

II.1.1. Paris et ses spécificités liées aux réseaux

Le sous-sol de la capitale française, souvent appelé le « gruyère parisien » est un immense réseau qui se compose d'égouts, de galeries, de cryptes, de carrières, de catacombes, du métro, du RER et bien d'autres éléments. Les strates du sous-sol sont caractéristiques de la ville, et certains des réseaux qui le compose, possèdent des spécificités propres à Paris.

II.1.1.1. Eau de Paris

A Paris la distribution de l'eau s'effectue par deux réseaux distincts. En effet nous pouvons distinguer une conduite pour l'eau potable et une pour l'eau non potable. En générale, ces conduites sont posées dans les égouts ou parfois dans des galeries visitables. Elles ont une longueur totale de 3 200 kilomètres.
Le réseau d'eau potable est destiné à l'alimentation et aux besoins sanitaires de la population.
Le réseau d'eau non potable est quant à lui essentiellement utilisé par le service public municipal notamment pour le nettoyage des voies ou pour l'arrosage des espaces verts.

II.1.1.2. Réseau d'assainissement

Le réseau d'assainissement de Paris date principalement de la seconde moitié du 19ème siècle à l'initiative du directeur des eaux et des égouts de Paris, Eugène BELGRAND. Ce réseau permet la collecte des eaux usées et des eaux de ruissellement de Paris intra-muros, le transport d'effluents venant de départements en amont, et remplit aussi la fonction de galerie technique du fait de son caractère visitable.

Sa longueur totale est de 2 450 km avec 180 km d'ouvrages principaux. Les eaux usées et pluviales des immeubles sont amenées jusqu'à l'égout élémentaire par le biais d'un branchement particulier. 19 000 bouches d'égout évacuent les eaux de ruissellement de la voie publique lorsqu'il pleut.

La conception de ce réseau présente des caractéristiques originales. Il est notamment en très grande majorité unitaire, c'est à dire qu'il collecte dans les mêmes ouvrages les eaux usées et les eaux pluviales. De plus son fonctionnement est bien souvent gravitaire, car il profite de la pente naturelle du bassin de la Seine du sud-est vers le nord-ouest.

II.1.1.3. Les couches du sous-sol parisien

Le sous-sol parisien se décompose en différentes couches :

Tout d'abord, on retrouve sous les cinq premiers mètres, tous les câbles électriques, télécom, fibre optique et conduite de gaz ; mais également la première strate des égouts auquel on peut accéder à pied et qui représente 1446 kilomètres de canalisations. A ce même niveau on retrouve aussi les caves, parkings et cryptes d'église et archéologiques qui débordent sur le deuxième niveau (-5 à 10mètres).

De moins cinq à dix mètres, on rencontre les premières lignes de métro, souvent les plus anciennes comme la ligne 1 qui date de 1900, et les 350 abris administratifs construits entre les deux guerres pour protéger la population des bombardements.

Les autres lignes de métro se situent entre 10 et 15 mètres de profondeur et côtoient le collecteur principal d'égout de cinq mètres de large, et les postes de transformation électriques. Ces postes fonctionnent avec 10 000 kilomètres de câbles et alimentent les prises de courant de tout Paris puisqu'ils font passer la tension de 200 000 à 220 volts.

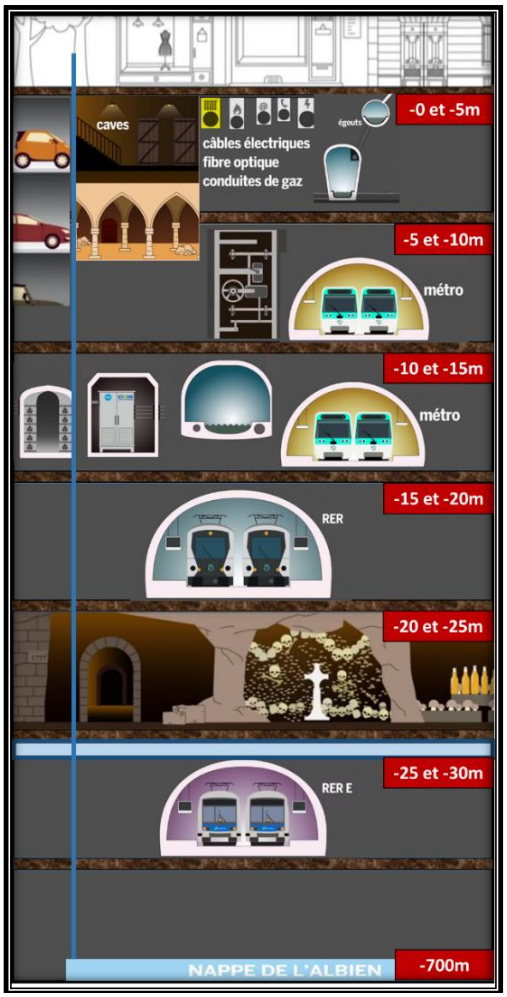


Figure 3 : Les couches du sous-sol parisien

Au quatrième niveau, il y a le RER qui fut construit plus bas que le métro car le sol était déjà encombré. Entre 20 et 25 mètres de profondeur se trouve les carrières de gypses et de calcaire notamment sur les buttes naturelles de Paris comme celles de Chaumont.

Au sixième niveau se trouve l'ouvrage le plus bas de Paris, il s'agit du RER E inauguré en 1999, il fut construit sous la nappe phréatique entre moins 25 et 30 mètres. Enfin à -670mètres se trouve la nappe de l'albien.

II.1.2. Description du quartier et des acteurs concernés

La zone d'étude choisie se situe rue Saint-Jacques et rue Cujas dans le 5ème arrondissement de la capitale. La rue Saint-Jacques représente l'une des principales voies du quartier latin : son activité repose sur les étudiants et les touristes. Le lycée Louis-le-Grand est notamment aux abords de la portion de rue qui nous concerne. Cette zone a été choisie car elle fut déjà relevée par le cabinet GTA. Par conséquent des plans avec le report 2D des réseaux existaient déjà. Par ailleurs, après comparaison avec des dossiers semblables, cette zone présentait une diversité de réseau plus intéressante pour illustrer le projet.

En effet plusieurs concessionnaires sont présents sur cette zone : ENEDIS pour l'électricité, CPCU en tant que réseau de chaleur, EVESA et CITELUM pour l'éclairage public, la signalisation et les équipements urbains, le gaz avec GRDF, Eau de Paris et STEA pour l'assainissement, et les telecoms ILIAD, AXIANS-ZAYO, Numéricable, Orange, SFR.

II.1.3. Demande de DT

Avant de débuter la modélisation, une DT doit être envoyée à tous les concessionnaires concernés par la zone définie de manière à collecter toutes les informations nécessaires au report des réseaux. Pour effectuer une demande, il faut se rendre sur le site du prestataire choisi par GTA, « sogelink déclaration ». Il en existe d'autres tels que Protys. Puis il faut choisir son type de déclaration (DT/DICT/DT-DICT conjointe/ATU/AOC). La zone doit alors être déterminée. Cette zone définie, nous avons la liste des concessionnaires concernés, non concernés et les personnes impliquées, telles que les kiosques, mais qui n'ont pas besoin de répondre. Puis avant de valider et d'avoir le récapitulatif, un certain nombre d'informations doit être donné comme le numéro d'affaire, la description de la demande et la nature des travaux.
Chaque demande fait l'objet d'un dossier et l'on peut suivre l'état d'avancement de ce dernier sur une interface qui indique le statut des réponses des différents concessionnaires[45].

II. 2. ETAPE TECHNIQUE : LA MODELISATION

Actuellement, la plateforme numérique est finalisée et nécessite d'être alimentée en données afin de détecter les éléments à améliorer. Ainsi mon rôle dans ce projet est de créer un exemple afin d'évaluer la plateforme et de déterminer quelle est la meilleure méthode pour insérer l'information.

II.2.1. Choix de la méthode

[45] Voir annexe n°1 : Notice explicative : Demande de DT/DICT

II.2.1.1. Modélisation sur Autocad

La première méthode envisagée fut la modélisation sur Autocad, En effet une fois la zone d'étude choisie, j'ai débuté la modélisation de la voirie et des réseaux selon la méthode préconisée par le cabinet GTA.

Cette méthode consiste à insérer un fond de plan 2D comportant le linéaire des réseaux en 2D avec les informations d'altitudes et de charges trouvées dans les plans des concessionnaires. Ce plan doit être orienté selon une vue isométrique.
Ensuite des lignes doivent être tracées perpendiculairement à des points qui définissent les limites de la chaussé, des fils d'eau, des bordures, des trottoirs et des linéaires de réseaux. La longueur de ces lignes correspond à l'altitude de référence choisie pour le plan 2D, soustrait de l'altitude du point en question. Les sommets de ces droites sont alors reliés par des polylignes 3D. Ces polylignes mises bout à bout forment les courbes de niveau de la voirie, ainsi que les axes des réseaux en 3D.

Pour la voirie, une surface est créée par le biais d'un lissage en sélectionnant deux courbes de niveau. En revanche, pour les réseaux, une extrusion est réalisée afin d'appliquer le profil de l'ouvrage selon le chemin de l'axe 3D du réseau et obtenir un solide. Par conséquent le profil, qu'il soit simple ou complexe, est dessiné à l'extrémité du chemin d'extrusion et la fonction est appliquée[46].

En sortie, la modélisation se compose de la voirie divisée en plusieurs calques pour distinguer la chaussée, le caniveau, la bordure et le trottoir. Ensuite tous les réseaux sont apparents, séparés en fonction des types d'ouvrages.

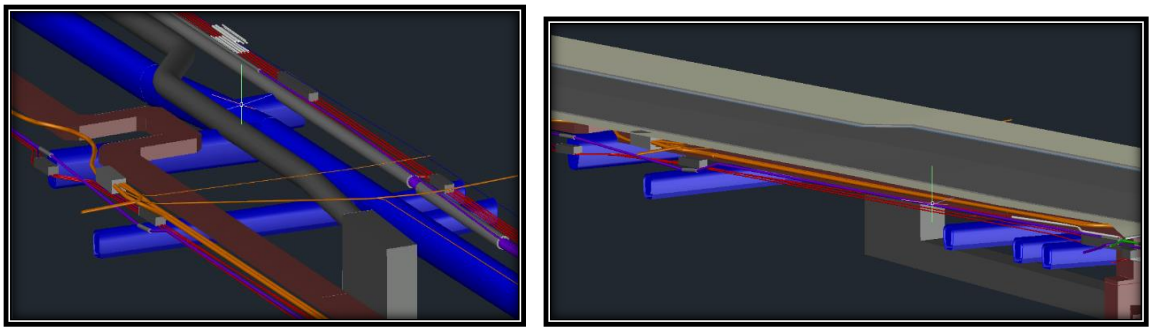


Figure 4-5 : Voirie et réseaux modélisés

Cette méthode est longue et la qualité du résultat dépend de la précision des plans de DT-DICT reçus. Or beaucoup d'ouvrages sont encore représentés de façon schématique.
En parallèle de mon travail, les cabinets GTA et TTGE ont écarté la méthode des formats FBX et OBJ pour cause de problèmes interopérabilité lors de l'intégration sur la plateforme.

De ce fait, il s'avère que la solution la plus appropriée est de fournir les fichiers « SHP » correspondant aux polylignes 3D de l'axe des ouvrages et des profils. Comme cela, TTGE pourra réaliser l'extrusion par le biais d'un programme qu'ils ont conçu.

[46] Voir annexe n°2 : Notice explicative de la méthode de modélisation sur Autocad

Toutefois la modélisation n'aura pas été faite en vain puisqu'elle aura permis de visualiser la position des réseaux et de contrôler qu'ils ne se collisionnent pas entre eux.

II.2.1.2. Création de fichier « SHP »

Pour répondre à la demande de TTGE, j'ai repris le fichier de la modélisation 3D en ne gardant que les polylignes 3D des linéaires de réseaux.

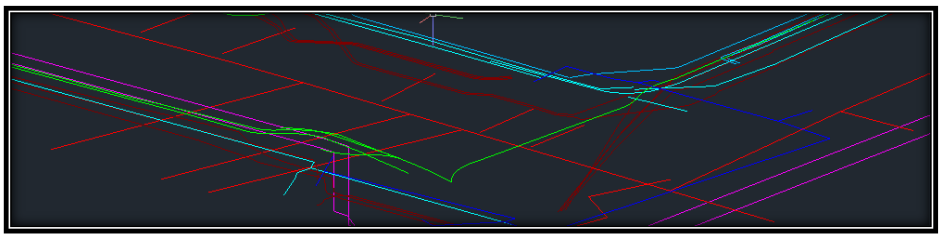


Figure 6 : Linéaires de réseaux

Ensuite, toujours depuis Autocad, j'ai créé une table par concessionnaire et dans chacune de ces tables, des attributs ont été ajoutés. Un fichier Excel récapitule l'ensemble des attributs nécessaires selon les types de réseaux[47]. Ces attributs sont renseignés et associés aux polylignes[48]. Par ailleurs, sur un fichier j'ai dessiné tous les profils des ouvrages et crée une table par profil, cette fois-ci il n'y a qu'un attribut renseignant le type de profil.

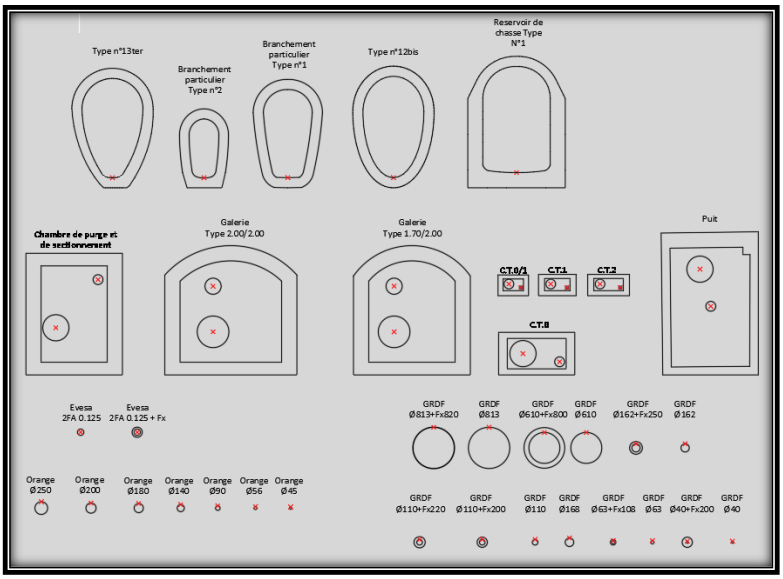


Figure 7 : Profils des réseaux

Les fichiers « SHP » relatifs au réseau d'assainissement furent envoyés à TTGE en tant que premier essai, ils vont être insérés dans la plateforme afin de relever les améliorations à y apporter et d'établir un modèle fixe à reproduire pour la suite du projet.

[47] Voir annexe n°3 : Tableau Excel des attributs selon les réseaux
[48] Voir annexe n°4 : Notice explicative : Création de fichiers SHP

II.2.2. Observations des limites rencontrées

Lors de l'application de ces deux méthodes, j'ai rencontré un certain nombre de difficultés. Tout d'abord l'imprécision des plans de DT/DICT fournis par les concessionnaires ne m'a pas toujours permis de modéliser les réseaux. En effet certains réseaux sont identifiés uniquement de manière schématique, c'est-à-dire que seul figure leur tracé sans points d'altimétrie, de charge ou d'informations sur leurs profils. Cependant, mon TFE ayant pour objectif le développement et la mise en place de la plateforme numérique, la modélisation de quelques réseaux suffisait à servir de « test », par conséquent les réseaux qui nécessitaient un récolement n'ont pas été reportés. Ces réseaux sont ceux de télécom (ILIAD, AXIANS-ZAYO, Numéricable et SFR), Eau de Paris et CITELUM pour l'équipement urbain.

Ensuite, la mutualisation des données met en évidence des collisions entre les réseaux. Or dans la réalité, ces collisions sont évitées ou aménagées de manière qu'elles ne génèrent pas d'interférence. Le modèle numérique a donc dû être corrigé, et la modification des polylignes 3D pour éviter leur intersection, est un travail assez long et contraignant.

Enfin, nous pouvons relever que certaines intersections entre différents tronçons d'ouvrages ne se modélisent pas correctement, ces défauts vont devoir être annulés sur la plateforme mais cela va demander un travail au cas par cas.

II.2.3. Analyse de la méthode « fourniture de fichiers shape 3D »

Dans le cadre du projet de plateforme numérique entre GTA et TTGE, une rencontre a eu lieu le 13 mai, afin de faire un point et répondre aux différentes interrogations de part et d'autre concernant les premiers fichiers « SHP » envoyés à TTGE. Les membres conviés à cette réunion étaient : deux développeurs informatiques de chez TTGE, le responsable bureau d'études réseaux de chez GTA et moi-même.

Ainsi cette rencontre fut l'occasion d'échanger sur les fichiers « SHP » et de faire une mise au point des modifications à y apporter. Premièrement le tableau Excel des attributs à créer selon le type de réseau a été validé. Toutefois il sera amené à évoluer au fur et à mesure de l'avancement de la plateforme numérique. De plus à travers les fichiers fournis, aucun problème de récupération de données (table de renseignement) n'a été relevé.

Concernant les linéaires, les polylignes doivent être reliées entre elles afin qu'il n'y ait pas de portions « flottantes » d'un réseau ; de plus un attribut doit être crée pour identifier les polylignes appartenant à une même section (Exemple : Section : collecteur1).
Ensuite, les fichiers « SHP » des profils nécessitent d'être améliorés. Ainsi, une couche globale des profils par concessionnaire doit être établie. Cette couche « PROFIL » devra contenir les 3 attributs suivants :

- « Type d'ouvrage » : Exemples : égout, CPCU, gaz, …
- « Type de profil » : Exemple : Type ovoïde 12bis

- « Type de contour » : Intérieur, extérieur ou dispersion

En effet pour chacun des profils d'ouvrage, nous allons avoir au maximum 3 polylignes : une pour le contour intérieur, une deuxième pour le contour extérieur et enfin une pour le contour correspondant à la zone d'incertitude/de dispersion (selon les classes de précision). Ces polylignes seront des entités renseignées selon les attributs précédemment cités.
Les shapefiles des profils envoyés présentaient une croix pour identifier la position du linéaire par rapport au profil. Ces croix doivent être contenues dans une couche à part qui contiendrait, comme pour les profils, les attributs « type d'ouvrage » et « type de profil ». Dernier point, un attribut pour renseigner la couleur associée au réseau, devra être rajouté à l'ensemble des couches crées, ces couleurs seront établies selon la norme NF sur les réseaux en vigueur.

En définitive, trois couches globales seront créées pour les linéaires, les profils et les croix. Pour la suite du projet, il a été conclu que ces éléments allaient être pris en compte et appliqués sur un corps de rue relevé au scanner. TTGE se chargera alors d'intégrer les Shapefiles et le nuage de points sur la plateforme, et un prochain entretien sera l'occasion d'analyser le rendu sur la plateforme. Par ailleurs, intéressons-nous à présent à cette plateforme, sa mise en place et ses fonctionnalités.

II. 3. DE LA MAQUETTE A LA PLATEFORME NUMERIQUE

II.3.1. Mise en place de la plateforme numérique

TTGE a développé la plateforme numérique à partir de l'outil POTREE avec la bibliothèque JavaScript « Three.js ».

Le logiciel POTREE a été développé spécialement pour la visualisation de nuage de points en WebGL. Il s'agit d'un outil gratuit et en open data. POTREE fonctionne de la manière suivante, il sélectionne une petite partie des données, grâce à une multi-résolution d'octree qui permet de trier les données et de charger uniquement ce qui est le plus nécessaire à la visualisation du modèle. Ainsi la résolution augmente quand la couverture diminue, ce procédé est similaire aux web-maps c'est-à-dire que de loin on a une basse résolution mais elle augmente au fur et à mesure que l'on zoome. De cette manière POTREE est parfaitement optimisé pour la visualisation de nuages de points sur le web, à titre d'exemple il a été testé avec jusqu'à 640 milliards de points[49].

WebGL est une API (Application Programming Interface) JavaScript. Une API est un ensemble de ressources informatiques (briques de fonctionnalités) mises à disposition pour différents langages de programmation afin de faciliter le développement de nouvelles applications ou l'enrichissement d'applications existantes. JavaScript est un langage de développement informatique que l'on retrouve principalement dans les pages internet et permet

[49] SCHUETZ M., *Potree:Rendering Large Point Clouds in Web Browsers,* Mémoire d'Ingénieur de la faculté de l'informatique à l'Université technologique de Vienne, 2016, 92 pages

notamment d'introduire des petites animations ou des effets. Les API sont souvent construites par-dessus JavaScript pour offrir davantage de fonctionnalités et elles sont soit intégrées au navigateur, soit le code de l'API doit être récupéré depuis un site Web.

La bibliothèque « Three.js » est utilisée pour créer et afficher des graphiques 3D dans un navigateur Web et elle s'utilise très bien avec un WebGL.

Ainsi TTGE s'est servi de cette bibliothèque et d'éléments de la base POTREE pour concevoir la plateforme web. Une fois la plateforme créée et les fichiers SHP reçus, ces derniers sont directement insérés sur la plateforme, puis par le biais d'un programme élaboré par TTGE, une génération d'un bout de code va automatiquement extruder les réseaux selon le linéaire placé au centre de l'ouvrage, et selon les informations contenues dans les attributs (type d'ouvrage/de profil ou le diamètre). Le traitement des fichiers SHP est alors très rapide.

II.3.2. Accès à la plateforme et ses fonctionnalités

II.3.2.1. Mode SaaS

L'accès à la plateforme s'effectue par le biais du mode SaaS (Software as a Service), un concept reposant sur le cloud. « *Il s'agit de s'abonner à un logiciel sous forme de services délivrés via internet plutôt que de les installer sur les serveurs de l'entreprise* »[50]. Dans notre cas, TTGE fournit le service SaaS aux potentiels clients de la plateforme.

Le Cloud Computing désigne le stockage et l'accès à des données et à des traitements par l'intermédiaire d'internet, tandis que traditionnellement on effectue un stockage local sur disque dur d'ordinateur. De manière générale, on parle de Cloud Computing lorsqu'il est possible d'accéder à des données depuis internet et qu'elles sont synchronisées avec d'autres informations sur le web. Cette technologie évite donc aux entreprises d'avoir à construire et entretenir des infrastructures informatiques en interne.

Des fournisseurs de services détiennent alors des logiciels qui sont hébergés sur leurs cloud et les clients y accèdent sur internet avec un ordinateur ou tout autre appareil mobile. La maintenance et les mises à jour sont assurées par le prestataire de services. En général, les SaaS reposent sur un système d'abonnement, l'entreprise paye un droit d'utilisation mensuel ou annuel. La sécurité des données est également garantie par le prestataire de services pour cela il travaille avec des experts en cybersécurité qualifiés.

Ainsi TTGE peut gérer l'accès à la plateforme numérique grâce au SaaS en autorisant, ou non, la connexion depuis n'importe quel appareil disposant d'une connexion internet. Les personnes qui le souhaitent auront alors une adresse et un mot de passe pour s'identifier et se rendre sur la plateforme.

[50] Bastien L., *Mode Saas : Définition et avantages du mode Software as a Service,* le 28 février - consulté à l'adresse : www.lebigdata.fr

II.3.2.2 Outils et fonctionnalités

Actuellement la plateforme numérique propose une interface qui associe le nuage de point, en noir et blanc ou en couleur, avec la modélisation des réseaux. Plusieurs fonctionnalités sont d'ores et déjà opérationnelles :

- Vue 2D/3D/StreetView

La plateforme permet de confronter la vue 2D et la vue 3D à un endroit donné (voir figure 8). Avec cette fonction nous avons la position planimétrique des réseaux les uns par rapport aux autres, mais également par rapport à l'environnement urbain grâce au nuage de points. La vue 3D donne la position altimétrique des réseaux. En effet nous avons une visualisation claire de la profondeur, des types de profils, et de la superposition des réseaux. Cette scission d'écran selon deux vues différentes améliore donc la connaissance du sous-sol. De plus une troisième vue peut être ajoutée afin d'avoir la géolocalisation précise sur Google Maps. Ainsi les exécutants de travaux connaissent parfaitement leur zone d'intervention (Figure 9).

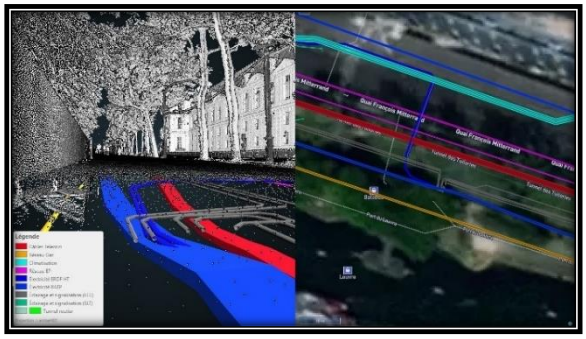


Figure 8 : Interface de la plateforme – Vue 2D/3D

Figure 9 : Plateforme - StreetView

Figure 10 : Plateforme - Mesure de distances

- Mesure de distances

La plateforme met à disposition plusieurs outils tels que la mesure de distances. Ainsi peu importe l'élément, qu'il s'agisse de mobilier urbain comme un lampadaire (Figure 10) ou de l'écart en position entre deux réseaux, il pourra être mesuré notamment par le biais de la vue tridimensionnelle.

- Coupes

De la même manière que les distances, il est possible de réaliser des coupes en n'importe quel endroit de la voirie, sur toute sa longueur ou seulement une portion. Cette coupe s'affiche sur une fenêtre distincte et nous pouvons alors analyser la position des réseaux, leurs profils, la pente et la composition de la voirie (Figure 11).

Figure 11 : Plateforme - Coupe

TTGE continue l'amélioration de la plateforme et lors d'une réunion tenue le 12 avril entre les deux cabinets, il en a été conclu le développement d'un outil permettant de définir un tracé pouvant par exemple correspondre à la zone des travaux envisagés. Un fois ce tracé défini, il serait alors possible d'indiquer la largeur et la profondeur de la tranchée ou de la canalisation. Ces paramètres rentrés, une fenêtre s'ouvrirait et les images se succèderaient de façon dynamique selon la profondeur, largeur et dans le sens du tracé. De cette façon cette « vidéo » du tronçon sélectionné révèlera la faisabilité des travaux et lorsqu'un obstacle sera révélé, notamment la présence d'un autre ouvrage, l'image pourra être mise sur pause et la position sera alors indiquée en surbrillance sur la vue générale.

Une autre fonction qui sera ajoutée à la plateforme concerne les renseignements donnés aux différents éléments. En effet il sera possible d'avoir toutes les informations relatives aux ouvrages, de cette façon lorsque des travaux seront en cours sur un tronçon d'ouvrage, les personnes concernées pourront connaitre l'objet des travaux, l'état d'avancement et les étapes à venir.

II.3.3. Une plateforme tournée vers le CIM

Le CIM est « *un modèle de données centralisant et harmonisant des données géographiques (géolocalisées), géométriques (2D/3D), temporelles (4D), sémantiques (5D), voir financière (6D et au-delà), sur plusieurs niveaux de détail. Elle peut être étendue, exploitée puis enrichie par des moteurs de simulation numérique* »[51].

Un modèle de ville en 3D est la représentation d'un environnement urbain[52]. Il regroupe plusieurs catégories de modélisation et notamment les bâtiments, la végétation, les infrastructures, le MEP, les routes et plans d'eau. Un tel modèle permettrait aux urbanistes et aménageurs de planifier, conceptualiser, et analyser la ville plus efficacement. En effet le nombre croissant de projets architecturaux et d'infrastructures demande aux acteurs de l'aménagement une meilleure gestion du foncier et de l'espace aérien et souterrain.

Par ailleurs la multitude d'acteurs rend la mise en place d'un modèle CIM long et demande beaucoup de vigilance et de rigueur quant aux données utilisées. Le CIM Manager intervient alors pour s'assurer de la coordination entre acteurs. La distinction doit être fait entre BIM et CIM manager car ce dernier s'occupe de la gestion à plus grande échelle d'un modèle.

Pour résumer le CIM semble être une méthode permettant l'organisation de l'information de la ville. Or il s'avère que la plateforme numérique devrait, à terme, s'étendre sur une ville et concéder l'organisation de l'information en matière de réseau. On peut ensuite imaginer que la plateforme intégrera d'autres catégories de modélisation comme les bâtiments,

[51] Nagy, G., Celnik, O., & Lebègue, E., *BIM et maquette numérique : Pour l'architecture, le bâtiment et la construction Ed. 2*. Eyrolles, 2015.
[52] Biljecki F., Stoter J., Ledoux H., Zlatanova S., Coltekin A., *Applications of 3D City Models : State of the Art Review*, Journal international de Geo-Information, ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing), 18 Décembre 2015

les infrastructures, jusqu'à devenir un véritable modèle CIM. Cet outil empli de promesse, implique tout de même une analyse des investissements nécessaires par rapport aux avantages procurés, il s'agit de l'objet de cette dernière partie.

III. UN PROJET UTILE A CHACUN : LES AVANTAGES D'UN TEL INVESTISSEMENT

Ce projet s'inscrit dans une volonté des dirigeants, classique dans le monde des affaires, de développer l'activité afin de préserver l'économie. Plus particulièrement chez les géomètres-experts, le paradoxe repose sur le fait que la profession est assise sur des traditions peu propices à l'innovation mais également tournée vers les technologies innovantes qui font baisser les coûts de production. Les dirigeants sont convaincus que le digital est un passage obligé, de la même façon que l'on est passé du Rotring à Autocad.

III. 1. UNE IMPLICATION POUR GTA

Le sujet « *les plateformes numériques au service des villes et des réseaux* » est justement une volonté des dirigeants de GTA de développer l'activité dans un domaine encore peu exploité. Il s'agit donc du premier acteur concerné par le projet et il est impliqué selon trois grands axes : économique, social et technologique.

III.1.1. Un cout économique

III.1.1.1. Personnel mobilisé

Le développement de la plateforme implique présentement sept personnes dont trois qui sont régulièrement sur le projet. Le pôle de recherche et développement fait partie des charges non productives puisqu'il travaille sur des sujets qui ne rapportent pas directement d'argent. Ainsi les personnes travaillant sur la plateforme représentent un coût économique étant donné que leur travail n'est pas facturé. Déterminer ce coût est relativement simple. Il suffit de faire le ratio des charges non productives, des charges productives de la société. Les premières correspondent notamment aux charges suivantes : loyers, prix et entretien des véhicules, logiciels, assurances, prestataires administratifs et informatiques. Les secondes sont les salaires bruts des collaborations facturés en comprenant les charges patronales, les congés payés et les RTT. Ce ratio est d'environ 3.85 chez GTA GE. Afin de compenser les charges non productives, le travail des employés doit être facturé 3.85 plus que leurs salaires bruts.

A titre d'exemple, une personne gagnant 2500 euros brut, a un taux horaire de 16.48 euros (2500/151.67). Multiplié par 3.85, le salarié représente 63.46 euros pour l'entreprise puisque c'est à ce montant que l'heure de travail sera facturée.

Ainsi le manque économique engendré par le pôle R&D et en l'occurrence par le projet de plateforme numérique, doit être compensé par la productivité des autres pôles de GTA GE.

III.1.1.2. Cas concret

Pour donner suite à la réunion du 13 mai 2019 évoquée dans la partie II.2.3, une zone fut choisie pour l'application des modifications. Ainsi j'ai réalisé les fichiers SHP des linéaires de réseaux, des profils et des points, et ce travail a fait l'objet d'une analyse de l'investissement nécessaire.

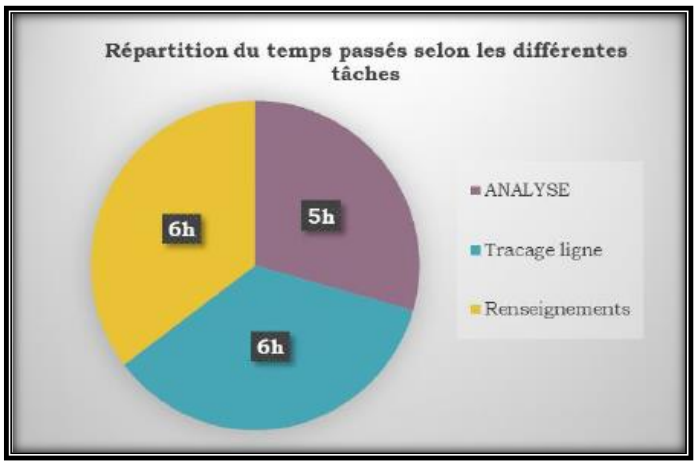


Figure 12 : Analyse du temps de travail

Le dossier se compose de 250 mètres de voirie, huit concessionnaires différents pour 2988 mètres de linéaire de réseaux. La méthode de report repose uniquement sur l'étude des DT.

Cette technique a nécessité 17 heures de travail, soit 1530 euros pour une base de 90 euros par heure. Le temps d'analyse est relativement long pour l'interprétation et la mutualisation des informations.

III.1.2. Un besoin mais aussi un apport social

Actuellement le développement de ce projet mobilise une équipe qui regroupe différents profils aux compétences diverses. En effet le cabinet GTA et ses dirigeants ont décidé d'associer GTA Energies et GTA GE. GTA Energies apporte de la donnée avec la détection de réseaux, mais également son expertise du sous-sol français avec le bureau d'études des réseaux. L'entreprise GTA GE est quant à elle, représentée par le pôle R&D – 3D puisque ce projet est un sujet de recherche qui implique les personnes de ce pôle.
Travailler sur un tel sujet amène à un besoin permanent d'échanger et de partager, tout d'abord avec ses collaborateurs de manière à mettre en commun ses connaissances, puis avec ses dirigeants pour cadrer le projet, faire des points réguliers sur son état d'avancement, et vérifier sa faisabilité par rapport aux coûts engendrés. On observe donc une communication aussi bien horizontale que verticale.
Le projet de plateforme numérique, comporte donc un caractère stimulant car nous sommes au cœur d'un sujet innovant et inédit, alimenté par le partage et les relations humaines.

III.1.3. Un support technologique

Pour mener à bien le projet, l'équipe déployée pour son développement a besoin de matériel. Dans un premier temps, l'acquisition de donnée terrain nécessite le matériel classique de topographie et le scanner laser 3D. Puis lorsque les plans de concessionnaires ne permettent pas un report convenable des réseaux, notamment lorsqu'ils sont représentés en classe de précision C, la détection de réseau s'impose. GTA Energies réalise la détection de réseau soit à partir du détecteur électromagnétique, soit à partir du géoradar.

Le géoradar réalise une radiographie du sous-sol basée sur la réflexion des ondes par le sol et par tout objet enterré. Le Géoradar détecte donc n'importe quel type de réseau, quel que soit son matériau.
Le technicien qui déplace le Géoradar en surface visualise instantanément le sous-sol sur un écran (en x, y, z) et donc peut tracer les réseaux qu'il rencontre directement au sol.
Les précisions du Géoradar sont de +/- 10% en altimétrie (z) et de +/- 10cm en planimétrie (x, y).

Figure 13 : Géoradar (Source : www.panatec-agua.com : consulté le 30/05/2019)

Figure 14 : Détecteur électromagnétique (Source : http://www.adre-reseaux.fr; consulté le 30/05/2019)

Le détecteur électromagnétique détecte que les conduites « conductrices » ainsi que les câbles jusqu'à une profondeur d'environ 2 mètres, pour une précision de +/- 10 cm en x, y et +/- 20 cm en z.
Il existe deux méthodes possibles avec cet appareil :
-La détection active injecte un courant dans la canalisation
-La détection passive détection le champ présent dans la canalisation
Le degré de précision de cet appareil nous assure une information de classe « A » comme le veut la nouvelle réglementation DT-DICT PR NF S70-003.

Pour finir le traitement des données jusqu'à la création des fichier SHP, s'effectue au bureau sur Autocad.

III. 2. UN APPORT POUR LES CONCESSIONNAIRES

Le projet initié par le cabinet GTA, en collaboration avec TTGE, implique inévitablement les concessionnaires de réseaux. Ces derniers sont amenés à devenir les premiers intéressés par la plateforme numérique car elle leurs apporterait de nombreux avantages.

III.2.1. La mutualisation des données

Actuellement lorsque géomètres, responsables ou exécutants de travaux, exploitants de réseaux, ont besoin de connaitre la composition du sous-sol à un endroit donné, ils n'ont pas d'autre choix que de réaliser une DT. Ils reçoivent alors toutes les données individuellement selon les réseaux, et c'est à eux de mutualiser les informations et d'en déduire la composition du sous-sol. La visualisation qu'ils ont des réseaux est plus ou moins approximative puisqu'elle est encore bien souvent schématique (réseaux dessinés en classe C) et en deux dimensions, donc la profondeur est seulement indiquée mais non représentée.

A l'avenir, avec la plateforme numérique, les données seront mutualisées, tous les réseaux seront dessinés en trois dimensions les uns par rapport aux autres. Ainsi la communication sera facilitée entre les différents concessionnaires étant donné qu'après consultation de la plateforme, le responsable de projet pourra localiser de façon précise le tronçon nécessitant une intervention, analyser les autres concessionnaires qui l'entourent et s'adresser à eux. La procédure est facilitée, rapide et plus précise. Cette rapidité d'exécution à ensuite un impact direct sur les travaux envisagés.

III.2.2. Exécution des travaux facilitée

La finalité de cette plateforme numérique est de faciliter l'exécution des travaux et c'est également pour cette raison que les concessionnaires seront les clients de demain.
En cas de travaux prévus sur un tronçon, une localisation précise des réseaux grâce à la plateforme, permettra de choisir efficacement la méthode et le matériel appropriés selon la position des ouvrages, câbles, fourreaux ou autre. Les concessionnaires pourront, à travers la plateforme, déclarer leur intention de travaux sur un périmètre défini, et les exploitants concernés par la zone seront alors automatiquement informés. Ceux qui envisageaient une intervention dans le même espace, auront alors l'occasion de se déclarer et demander des travaux groupés.

Enfin la mutualisation des données et la représentation tridimensionnelle va indirectement augmenter la sécurité des travaux sur les réseaux enterrés. En effet une meilleure localisation des réseaux va permettre aux exécutants de travaux de mieux se préparer à intervenir en ayant une meilleure connaissance des risques présents sur le terrain.

III.2.3. A terme, un avantage économique

Le dernier avantage majeur de la plateforme pour les concessionnaires de réseaux, est d'ordre financier.
Tout d'abord, pour respecter les échéances fixées par la réforme « DT-DICT », les réseaux modélisés sur la plateforme numérique seront en classe A. Par la présente, les responsables de travaux n'auront plus besoin de réaliser d'investigations complémentaires et éviteront par conséquent les couts engendrés par une détection de réseaux.
Ensuite dans le cas évoqué précédemment de travaux groupés, nous pouvons imaginer que les coûts engendrés pour creuser le sol seront partagés entre les différents exécutants de travaux. Ainsi le tarif sera divisé autant de fois que le nombre de concessionnaire souhaitant intervenir en même temps.
Enfin, augmenter la sécurité des interventions induit une diminution des risques d'endommagement sur d'autres réseaux. Par conséquent, les frais qui découlent d'une remise en état des réseaux abimés sont évités.

III. 3. LES IMPACTS OBSERVES LOCALEMENT

Pour finir, les impacts de cette plateforme numérique devraient rayonner aussi bien à grande échelle qu'à petite échelle. Ainsi les acteurs locaux n'ont pas été oubliés et une étude des impacts sur les collectivités et les riverains a été effectuée et prise en compte dans la mise en place de la plateforme numérique.

III.3.1. Intérêt de la plateforme pour les mairies

Pour les mairies, l'atout majeur de cet outil en développement est de permettre une meilleure connaissance de leur sous-sol sur leur commune. En effet elles se doivent de connaitre l'état actuel de leur réseau et d'être capable d'intervenir en cas de besoin.
Par ailleurs les collectivités territoriales et notamment les communes peuvent aussi bien remplir la fonction d'exploitant de réseau, de responsable de travaux ou d'exécutant de travaux. Elles profitent donc de chacun des avantages attribués à ces fonctions. A l'aide de la plateforme les mairies accèderont donc à une base de données riche en informations sur leur territoire. Ces données et les outils qui découlent de la plateforme, leurs faciliteraient les travaux sur les réseaux enterrés, donc les mairies auront plus de facilités à améliorer leurs réseaux et à en apporter de nouveaux. De plus il s'agirait également d'un avantage économique certain et d'une sécurité renforcée lors des travaux. Cependant l'accès à la plateforme numérique se fera moyennant un coût et les petites communes feront surement le choix de s'en passer pour des raisons financières.

III.3.2. Des riverains concernés par cette évolution

Enfin, les dernières personnes concernées sont les riverains. La population est entourée de réseaux et se trouve toujours impactée à un moment donné par une intervention sur les réseaux.
Grâce à la plateforme numérique, les riverains auront accès à l'information et ne se retrouveront plus démunis face à des travaux sur des réseaux. En effet la plateforme numérique a pour ambition de contenir toutes les données relatives aux travaux en cours. De cette manières les habitants seront informés de la durée, de l'évolution et pourront surtout pallier les désagréments engendrés. Par exemple, ils sauront quels jours feront l'objet de nuisances sonores ou à quel moment ils vont devoir prévoir un changement d'itinéraire en cas de route barrée.

A travers cette grande partie nous pouvons donc nous rendre compte que la plateforme numérique en cours de développement, touchera le plus grand nombre et diffusera un certain nombre d'avantages qui devrait séduire de nombreux clients.

CONCLUSION

Le décret DT-DICT du 5 octobre 2011, applicable au 1er juillet 2012, a pour but d'améliorer la connaissance des réseaux et de répartir les rôles et les responsabilités entre les différents acteurs des travaux à proximité des réseaux enterrés. Par conséquent la reforme impose de nouvelles obligations aux maitres d'ouvrage, aux exploitants de réseaux, et aux exécutants de travaux.

Afin de répondre au besoin d'améliorer la cartographie, ce travail de fin d'études propose un support numérique en trois dimensions dans lequel tous les réseaux seront répertoriés Il s'agit d'une plateforme numérique intégrant BIM et SIG. Dès lors se posent les questions : En quoi la réalisation d'une plateforme numérique pourrait améliorer la réforme « DT-DICT » ? Et une plateforme numérique peut-elle prétendre faciliter les travaux réalisés à proximité des réseaux enterrés ?

Depuis le 1er juillet 2012, de nombreuses actions furent menées. La première d'entre elles est l'obligation de consulter le guichet unique pour les responsables et exécutants de travaux. Ce dernier a été instauré par le décret n°2010-1600 du 20 décembre 2010[53]. Cet outil est destiné à collecter les coordonnées des exploitants de tous réseaux implantés et les cartographies des réseaux.

Cependant la représentation et la localisation des réseaux demeurent plus ou moins schématiques selon les plans de concessionnaire. Par conséquent le développement d'une plateforme numérique a pour objectif de résoudre cette problématique et d'à terme faciliter l'exécution des travaux. Pour se faire la plateforme est réalisée à partir d'un SIG qui gère l'ensemble des informations fournies par les exploitants de réseaux, et le BIM est présent par la modélisation des réseaux en trois dimensions réalisée grâce à un travail collaboratif.

La plateforme numérique est actuellement finalisée, toutefois elle nécessite d'être alimentée en données. A travers différentes études, la méthode pour insérer les informations sur la plateforme fut choisie et perfectionnée au fur et à mesure. Il s'agit de créer des fichiers SHP des linéaires et profils via Autocad.

Dès lors l'insertion des données effectuée, la plateforme permet de confronter la vue 2D, la vue 3D et la géolocalisation Google Maps à un endroit donné. Ces fonctions informent de la position planimétrique et altimétrique des réseaux les uns par rapport aux autres, mais également par rapport à l'environnement urbain grâce au nuage de points. Ces scissions d'écran améliorent donc la connaissance du sous-sol et les exécutants de travaux ont une meilleure connaissance de leur zone d'intervention. Par ailleurs des outils tels que la mesure de distances ou la réalisation de coupes sont disponibles et autorisent une analyse de la position des réseaux, des profils, de la pente et de la composition de la voirie.

[53] C. env., art. R554-2

Ces fonctionnalités font de la plateforme numérique un objet innovant qui répondent aux besoins de la réforme « DT-DICT ». En effet une étude précise et rapide des réseaux pourra être effectuée en un endroit donné. Ces informations seront bénéfiques aux responsables et exécutants car les travaux seront réalisés selon une maitrise du sous-sol concerné, avec le matériel approprié, et davantage de sécurité.

Pour conclure, une telle plateforme numérique pourra faciliter les travaux réalisés à proximité des réseaux enterrés et aurait également un impact positif sur l'ensemble des acteurs concernés par les réseaux. Cependant l'intégration des données demande beaucoup de travail et d'investissement, l'avancement du projet et donc à suivre afin qu'il ne perde pas de son intérêt et que son caractère innovant reste intact.

BIBLIOGRAPHIE

MEMOIRES

- Deniel V., *La réforme DT-DICT : quel marché pour le géomètre-expert ?*, Travail de Fin d'Etudes/ESGT, 2013, 82 pages.
- Fosse M., *CIM et Smart City*, Travail de Fin d'Etudes/ESGT, 2018, 70 pages.
- Lugli T., *Les réseaux enterrés : savoir avant de creuser*, Travail de Fin d'Etudes/ESGT, 2012, 80 pages.
- Previeu M., *Mise à jour d'une chaîne globale d'intégration de données topographiques dans un Système d'Information Géographique : amélioration des prestations topographiques au regard de la réforme DT-DICT*, Travail de Fin d'Etudes/ESGT, 2015, 112 pages.
- Ruggeri P., *Impact de la réforme « Anti-endommagement des Réseaux » sur la qualité et les précisions topographiques demandées dans les marchés publics de travaux*, Travail de Fin d'Etudes/ESGT, 2013, 88 pages.
- Schuetz M., *Potree : Rendering Large Point Clouds in Web Browsers*, Travail de Fin d'Etudes/Faculté de l'informatique à l'Université technologique de Vienne, 2016, 92 pages.
- Tirilly S., *Apport des plans à grande échelle dans un système informatique territorial – Mise à jour de données métier et constitution d'un fond de plan adapté*, Travail de Fin d'Etudes/ESGT, 2015, 80 pages.

ARTICLES DE REVUES PROFESSIONNELLES

- Bastien L., *Mode SaaS : Définition et avantages du mode Software as a Service*, le magazine I.A, Cloud et Big Data, 28 Février 2018.
- Biljecki F., Stoter J., Ledoux H., Zlatanova S., Coltekin A., *Applications of 3D City Models : State of the Art Review*, le journal international de Geo-Information, ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing), 18 décembre 2015
- Graindorge J., *DT-DICT : ce que la réforme 2014 a changé*, 22 février 2017, consulté à l'adresse : www.lagazettedescommunes.com
- Guyard G., *Evolution de la réglementation anti-endommagement : tous concernés !*, le 7 janvier 2019, consulté à l'adresse : www.infoelectricien.com
- Liu X., Wang X., Wright G., Cheng J., Li X., R. Liu R., *A state of the Art Review on the Integration of Building Information Modeling (BIM) and Geographic Information System (GIS)*, Journal international de Geo-Information, ISPRS (International Society for Photogrammetry and Remote Sensing), 20 février 2017
- Picaud E., *Cartographie des réseaux enterrés : un nouveau projet de texte dans les tuyaux*, 12 décembre 2017, consulté à l'adresse : www.lagazettedescommunes.com

- Par auteur associés, *DT-DICT : la réforme a porté ses fruits*, 4 juillet 2017, consulté à l'adresse : www.lagazettedescommunes.com

DOCUMENTS INSTITUTIONNELS

- Annexe du Plan Local D'Urbanisme de Paris, Titre II Schémas des réseaux d'eau et d'assainissement et schémas des systèmes d'élimination des déchets
- Cabinet GTA GE, Compte-rendu d'entretien entre TTGE et GTA GE, 2018.
- Conseil National de l'Information Géographique, Rapport sur le Plan de Corps de Rue Simplifié version 1.0, 14 mai 2015.
- Conseil National du Numérique, Rapport « Ambition numérique : pour une politique française et européenne de la transition numérique », 2015.
- CNIG, Protocole d'accord de déploiement d'un plan corps de rue simplifié (PCRS), Paris, 24 juin 2015.
- Fascicule 1, Dispositions générales version 1, du guide d'application de la réglementation relative aux travaux à proximité des réseaux, Décembre 2016.
- Institut National de Recherche et de Sécurité, Aide-mémoire technique sur les travaux à proximité des réseaux enterrés et investigations complémentaires sans fouille, Avril 2014.
- Ministère chargé de l'écologie, Notice explicative pour la déclaration de projet de travaux (DT), la déclaration d'intention de commencement de travaux (DICT) et leurs récépissés, annexe 3 de l'arrêté du 15 février 2012, cerfa n°51536
- Ministère de l'Ecologie, du Développement durable et de l'Energie, Plaquette sur la Direction Générale de la Prévention des Risques, 2013.
- Schutz M., Rapport « Potree – Rendering Large Point Clouds in Web Browsers » disponible sur le site Potree.org.
- Société GTA, Présentation du PCRS et sa mise en œuvre terrain, 22 février 2016 mis à jour le 12 octobre 2016.

TEXTES LEGISLATIFS, REGLEMENTAIRES ET ACTES ADMINISTRATIFS

Codes :

- Code de l'environnement

Décrets :

- Décret n°2011-1241 du 5 octobre 2011 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, JORF n°0233 du 7 octobre 2011 n°0233 page 16952, texte n°4.

- Décret n°2010-1600 du 20 décembre 2010 relatif au guichet unique créé en application de l'article L.554-2 du code de l'environnement, JORF n°0296 du 22 décembre 2010 page 22494, texte n°9.

Arrêtés :

- Arrêté du 15 février 2012 pris en application du chapitre IV du titre V du livre V du code de l'environnement relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution, JORF n°0045 du 22 février 2012 n°0045 page 2988, texte n° 10.
- Arrêté du 16 septembre 2003 portant sur les classes de précision applicables aux catégories de travaux topographiques réalisés par l'Etat, les collectivités locales et leurs établissements publics ou exécutés pour leur compte, JORF n°252 du 30 octobre 2003 n°252 page 18546, texte n° 21.

Avis :

- Avis du 10 septembre 2012 relatif à l'analyse de la régularité des déclarations préalables aux travaux dans les premières semaines de la mise en application de la réforme anti-endommagement, ministère de l'écologie n° 2012/16.
- Avis du 23 juin 2011 portant sur les exploitants de réseaux relatif à l'application de l'article R.554-10 du code de l'environnement, texte non paru au Journal officiel.

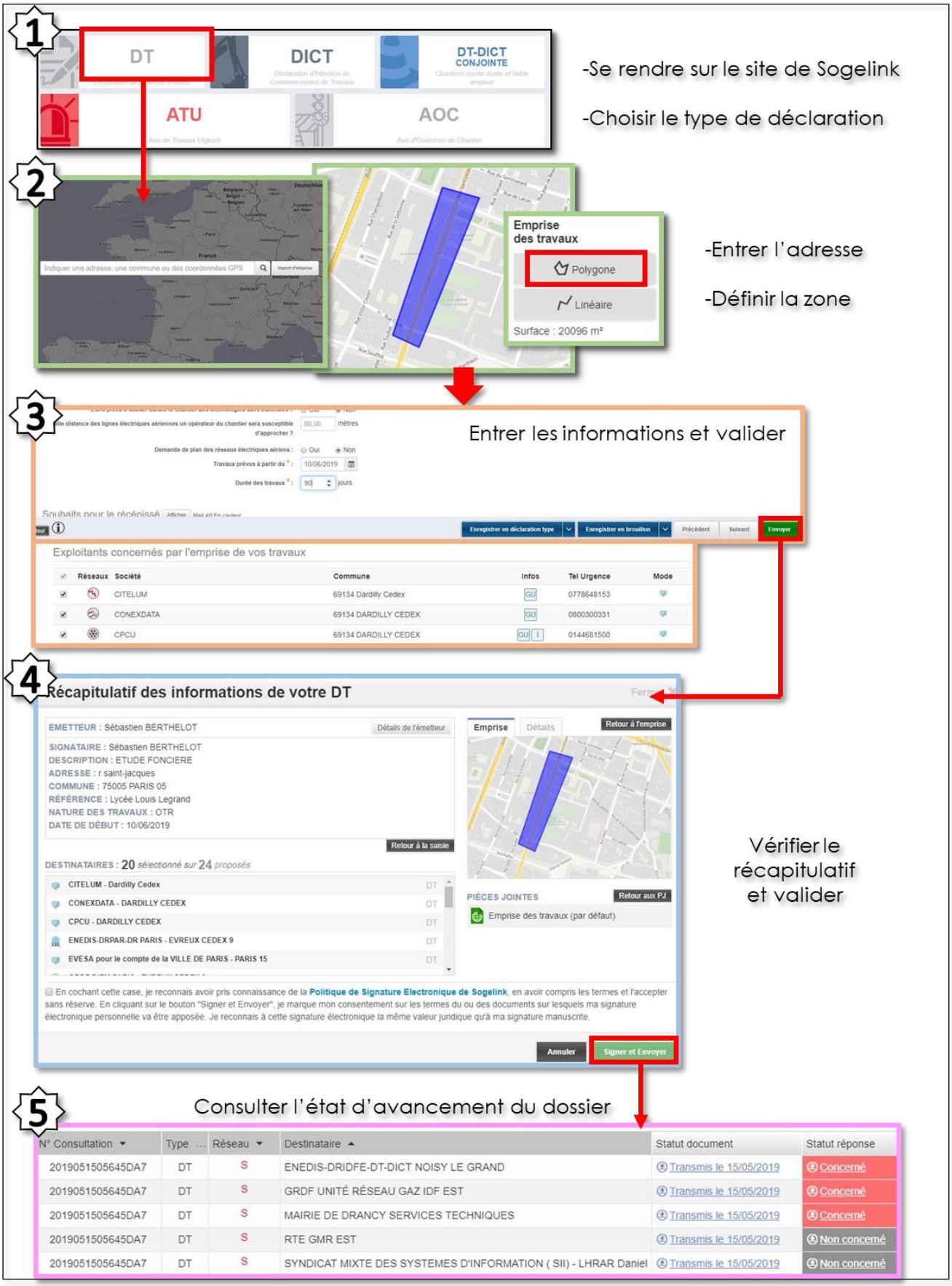
RESSOURCES ELECTRONIQUES

- *Introduction aux API du Web*, article consulté sur le site : https://developer.mozilla.org
- Site de la fédération nationale des entreprises de détection de réseaux enterrés : http://www.fnedre.org
- Site de la fédération nationale des travaux publics : www.fntp.fr
- Site de la SMA : www.groupe-sma.fr
- Site de l'INERIS : www.ineris.fr
- Site du bulletin officiel des annonces des marchés publics : www.boamp.fr
- Site du téléservice « réseaux et canalisations » : www.reseaux-et-canalisations.gouv.fr
- Site : www.banquedesterritoires.fr
- Site www.dictservices.fr
- Vidéo YouTube, *Dédale d'égouts, abris de défense ou carrières : ce qui se cache sous le sol de Paris*

Table des annexes

Annexe 1 : Notice explicative : Demande de DT/DICT 47
Annexe 2 : Notice explicative : Modélisation 3D sur Autocad 48
Annexe 3 : Tableaux des attributs selon les concessionnaires 49
Annexe 4 : Notice explicative : Création de fichiers SHP 52

Annexe 1 : Notice explicative : Demande de DT/DICT



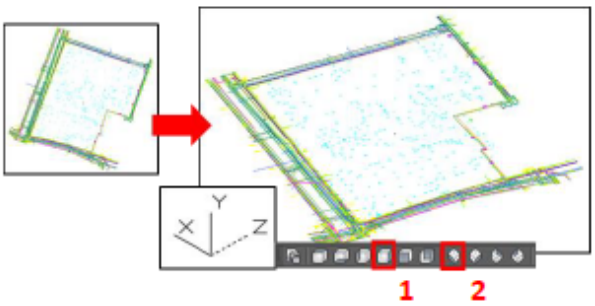
(Source : réalisation personnelle)

Annexe 2 : Notice explicative : Modélisation 3D sur Autocad

NOTICE EXPLICATIVE : MODELISATION 3D SUR AUTOCAD

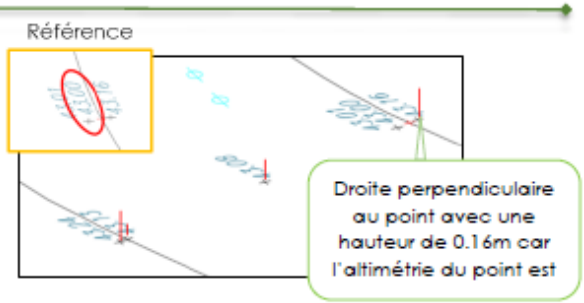
1

- Insertion d'un fond de plan géoréférencé avec Z=0
- Orientation du plan en vue isométrique



2

- Choisir une altitude de référence
- Tracer les droites en des points de la voirie et réseaux selon l'altitude de base

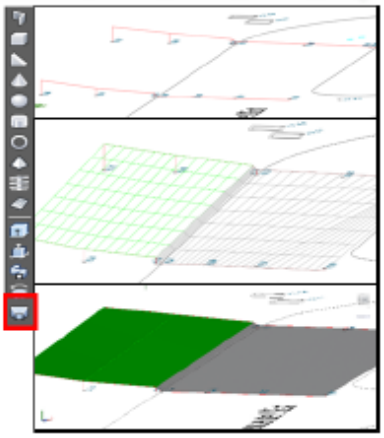


3

Avec la fonction lissage, sélectionner deux courbes de niveau, précédemment dessinées.

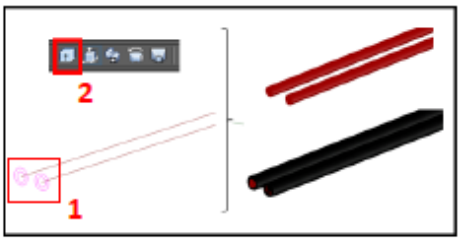
Elles doivent être de même nature (chaussée, trottoir, bordure) si l'on veut différencier chacune des surfaces avec des couleurs différentes.

Réaliser la procédure sur l'ensemble de la voirie, et la modélisation de cette dernière pourra être observée avec un style visuel filaire ou réaliste.



4

- Dessiner le profil du réseau selon l'axe de l'ouvrage
- Appuyer sur l'icône extrusion, sélectionner le profil puis taper « C » pour chemin et pointer le linéaire. Dans l'exemple, l'opération est réalisée 2 fois, pour l'extrusion du câble et pour le fourreau.



Kimberley PROVYN – Mai 2019

(Source : réalisation personnelle)

Annexe 3 : Tableaux des attributs selon les concessionnaires

RESEAU GRT GAZ	
CLASSE	A,B,C
DIMENSION	DIAMETRE BP 105 - MPB 63
MATIERE	POLYETHYLENE OU MPB - FONTE DUCTILE OU BP
PRESSION	4 BARS - 25 BARS
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
CANALISATION PRINCIPAL	OUI - NON
BRANCHEMENT	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU TRAPIL	
CLASSE	A,B,C
DIMENSION	DIAMETRE
MATIERE	BETON - ACIER - FONTE - AUTRES
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU ENEDIF	
CLASSE	A,B,C
TYPE	HTA - BTA
DIMENSION	DIAMETRE FOURREAUX (Fx)
MATIERE	CABLE - PVC - FONTE
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
BRANCHEMENT	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU RTE	
CLASSE	A,B,C
TYPE	FOURREAUX OU MULTI
DIMENSION	DIAMETRE - LARGEUR - HAUTEUR
MATIERE	BETON - PVC
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU ORANGE - FRANCE TELECOM	
CLASSE	A,B,C
TYPE	FOURREAUX OU MULTI
DIMENSION	DIAMETRE - LARGEUR - HAUTEUR
MATIERE	BETON - PVC
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU : EAU DE PARIS - VEOLIA - SEVESC - SAURE - GENERAL DES EAUX - SADE - SUEZ ET AUTRES	
CLASSE	A,B,C
TYPE	EAU POTABLE - EAU NON POTABLE - EAU BRUTE
LOCALISATION	EGOUT - EN TERRE - SOUS FOURREAU
DIMENSION	DIAMETRE
MATIERE	FONTE - POLYETHYLENE
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU : SAP - SIAAP - SABS - RESEAUX COMMUNAUX - AUTRES	
CLASSE	A,B,C
OUVRAGE TYPE	CANALISATION - OVOIDE - BRACHEMENT - OUVRAGE SPECIAL
DIMENSION	DIAMETRE - LARGEUR - HAUTEUR
MATIERE	BETON
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU RATP	
CLASSE	A,B,C
DENOMINATION	LIGNE METRO N°? - RER N°? - ALIMENTATION ELEC
DIMENSION	DIAMETRE - LARGEUR - HAUTEUR
MATIERE	BETON - ACIER - FONTE - AUTRES
TYPE	INFRASTRUCTURE - RESEAU
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU - CPCU - DALKIA - ENGIE - CORIANCE - SEC - OUEST OM - AUTRES	
CLASSE	A,B,C
TYPE	CANIVEAU - PLEINE TERRE - OUVRAGE
MATIERE	BETON - TUBE PRE-ISOLER
DIMENSION	LARGEUR - HAUTEUR - DIAMETRE
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU - EVESEA - SLT - TSA - SFR -	
CLASSE	A,B,C
LOCALISATION	EGOUT - EN TERRE
TYPE	DIAMETRE - FOURREAUX
MATIERE	PVC
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU - SNCF	
CLASSE	A,B,C
LOCALISATION	EGOUT - EN TERRE
TYPE	FOURREAUX
MATIERE	PVC
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

RESEAU - COLT - CITELIUM - SFR - COMPLETEL - CONEXDATA - FREE - INEO -	
CLASSE	A,B,C
LOCALISATION	EGOUT - EN TERRE
TYPE	FOURREAUX
MATIERE	PVC
EN SERVICE	OUI - NON
ABANDONNE	OUI - NON
AQUISITION DONNEE	DT - DETECTION - RECOLEMENT
MISE A JOUR	DATE
PRODUCTEUR DE LA DONNEE	GTA ENERGIE - GTA GE - AUTRES

(Source : Document GTA)

Annexe 4 : Notice explicative : Création de fichiers SHP

NOTICE EXPLICATIVE : CREATION DE FICHIER SHP

CREATION D'UNE TABLE : UNE COUCHE PAR CONCESSIONNAIRE

Map - Données et analyses
Classification
Données d'objets
Base de données
Saisie de données
Définir des données d'objets...
Associer/dissocier les données d'objets...
Modifier les données d'objets...
Convertir des données d'objet en liens de base de données...

Définir des données d'objet
Table: CPCU
Nouvelle table...
Champs de données d'objet
Classe
Type
Matière
En_service
Abandonné
Acquisition_Données
MAJ
Producteur-donnée
Diamètre
Définition du champ
Nom du champ:
Type de données:
Description:
Par défaut:
Modifier... Renommer... Supprimer
Fermer Aide

Nouvelle table de données d'objet
Nom de la table:
Champs de données d'objet
Définition du champ
Nom du champ:
Type: Entier
Description:
Par défaut:
Ajouter Mettre à jour
OK Annuler Aide

1-Nom du réseau
2-Sélectionner « caractère »
3-Entrer les attributs

ASSOCIATION DES DONNEES

Map - Données et analyses
Classification
Données d'objets
Base de données
Saisie de données
Définir des données d'objets...
Associer/dissocier les données d'objets...
Modifier les données d'objets...
Convertir des données d'objet en liens de ba

Associer/Dissocier les données d'objet
Table: CPCU
Champ de données d'objet:
Valeur à associer:
A
Ouvrage
Béton
Oui
Non
DT
MAJ
GTA GE
Diamètre
Nom: Classe
Valeur:
Action
Associer aux objets <
Définir... OK Annuler Aide

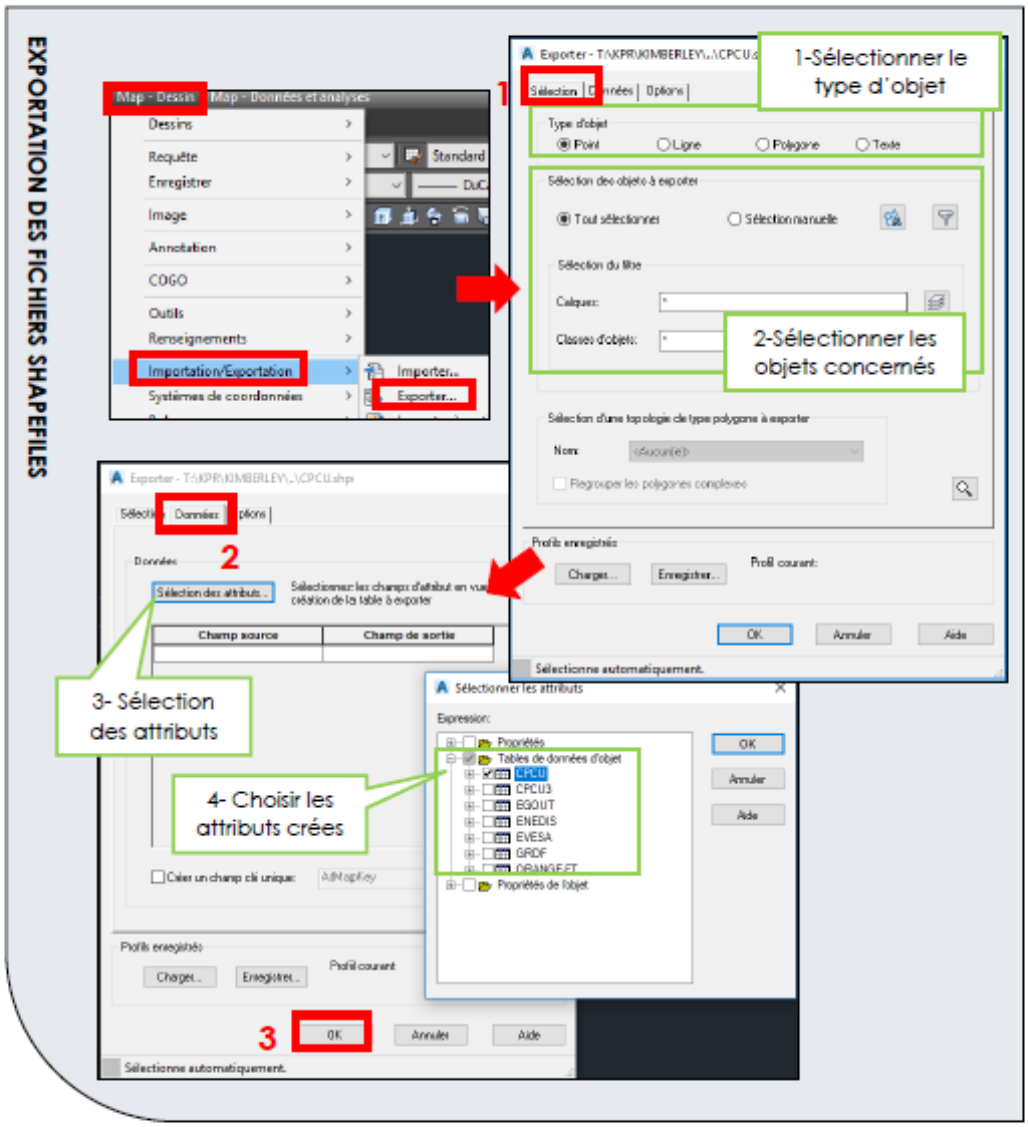
1-Selectionner la table
2-Selectionner l'attribut
3-Renseigner l'attribut
4-Selectionner les polylignes concernées par la table et la valeur de l'attribut

Polyligne 3D
Général
Couleur DuCalque
Calque SHP-CPCU
Type de ligne DuCalque
Echelle du type de lig... 0.50000000
Style de tracé ParCouleur
Epaisseur de ligne DuCalque
Transparence DuCalque
Hyperlien
Visualisation 3D
Matériau DuCalque
Géométrie
Sommet courant 1
Sommet X 1651897.85816479
Sommet Y 8183214.94611570
CD:CPCU
Classe A
Type Galerie type 2.00/2.00
Matière Béton
En_service oui
Abandonné non
Acquisition_Données DT
MAJ 14/08/2013
Producteur-donnée GTA GE
Diamètre 623

Attributs apparaissent dans les propriétés de l'objet

Kimberley PROVYN – Mai 2019

NOTICE EXPLICATIVE : CREATION DE FICHIER SHP



Kimberley PROVYN – Mai 2019

(Source : réalisation personnelle)

Table des illustrations

Figure 1 : Les acteurs de la réforme DT-DICT 20
Figure 2 : Tableau des tâches (source :réalisation personnelle) 24
Figure 3 : Les couches du sous-sol parisien 26
Figure 4-5 : Voirie et réseaux modélisés 28
Figure 6 : Linéaires de réseaux 29
Figure 7 : Profils des réseaux 29
Figure 9 : Plateforme - StreetView 33
Figure 8 : Interface de la plateforme – Vue 2D/3D 33
Figure 10 : Plateforme - Mesure de distances 33
Figure 11 : Plateforme - Coupe 33
Figure 12 : Analyse du temps de travail 37
Figure 11 : Plateforme - Coupe 37
Figure 13 : Géoradar 38
(Source : www.panatec-agua.com ; consulté le 30/05/2019) 38
Figure 14 : Détecteur électromagnétique 38
(Source : http://www.adre-reseaux.fr; consulté le 30/05/2019) 38

Les plateformes numériques au service des villes et des réseaux

Mémoire de Master C.N.A.M., 2019

RESUME

La réforme « DT-DICT » a été mise en place afin de réduire l'endommagement des réseaux. Ce plan d'action possède deux objectifs majeurs, permettre une meilleure connaissance des réseaux enterrés, et définir les responsabilités des différents acteurs concernés. Ainsi, la réforme impose une amélioration de la cartographie du sous-sol français et donne de nouvelles obligations aux maitres d'ouvrage, exploitants de réseaux et exécutants de travaux.

En réponse à ses finalités, le cabinet GTA a élaboré un projet collaboratif et inédit. Il s'agit de développer une plateforme numérique constituée de l'ensemble des réseaux enterrés. Cet outil représente une perspective d'avenir et d'innovation pouvant répondre aux besoins de la réforme et faciliter les travaux à proximité des réseaux enterrés.

Mots clés : Réforme DT-DICT, Projet, Modélisation 3D, Réseaux enterrés, SIG, BIM, Plateforme numérique.

SUMMARY

The « DT-DICT » reform has been put in place to reduce network damage. This action plan has two major objectives, to allow a better knowledge of underground networks, and to define the responsibilities of the various actors involved. Thus, the reform imposes an improvement of the cartography of the French basement and gives new obligations to the owners of works, aperators of networks and executors of works.

In response to its aims, GTA has developed a collaborative and unpublished project. It's about developing a digital platform made up of all buried networks. This tool represents a perspective of the future and innovation that can meet the needs of the reform and facilitate work near underground networks.

Key words : DT-DICT reform, Project, 3D Modelisation, underground networks, GIS, BIM, Digital platform.