

# Innovations technologiques topographiques et la détection de réseaux

■ Lobna REKIK

*La nouvelle réglementation "anti-endommagement" oblige à repenser la cartographie des exploitants d'ouvrages. Cette dernière ne sert plus seulement pour des besoins d'exploitation mais elle doit être une source d'information fiable et de qualité afin de garantir le positionnement des ouvrages (souterrains et aériens) lors des travaux à proximité des ouvrages.*

## ERDF en quelques mots...

Le réseau de distribution d'électricité en France exploité par ERDF représente environ 1,3 million de km de réseaux (HTA, BT aérien et souterrain confondus), près de 20 millions de branchements et plus de 35 millions de clients raccordés. Pour des besoins d'exploitation, ERDF a historiquement construit une cartographie de ses ouvrages

constituée en réalité de deux types de cartographie :

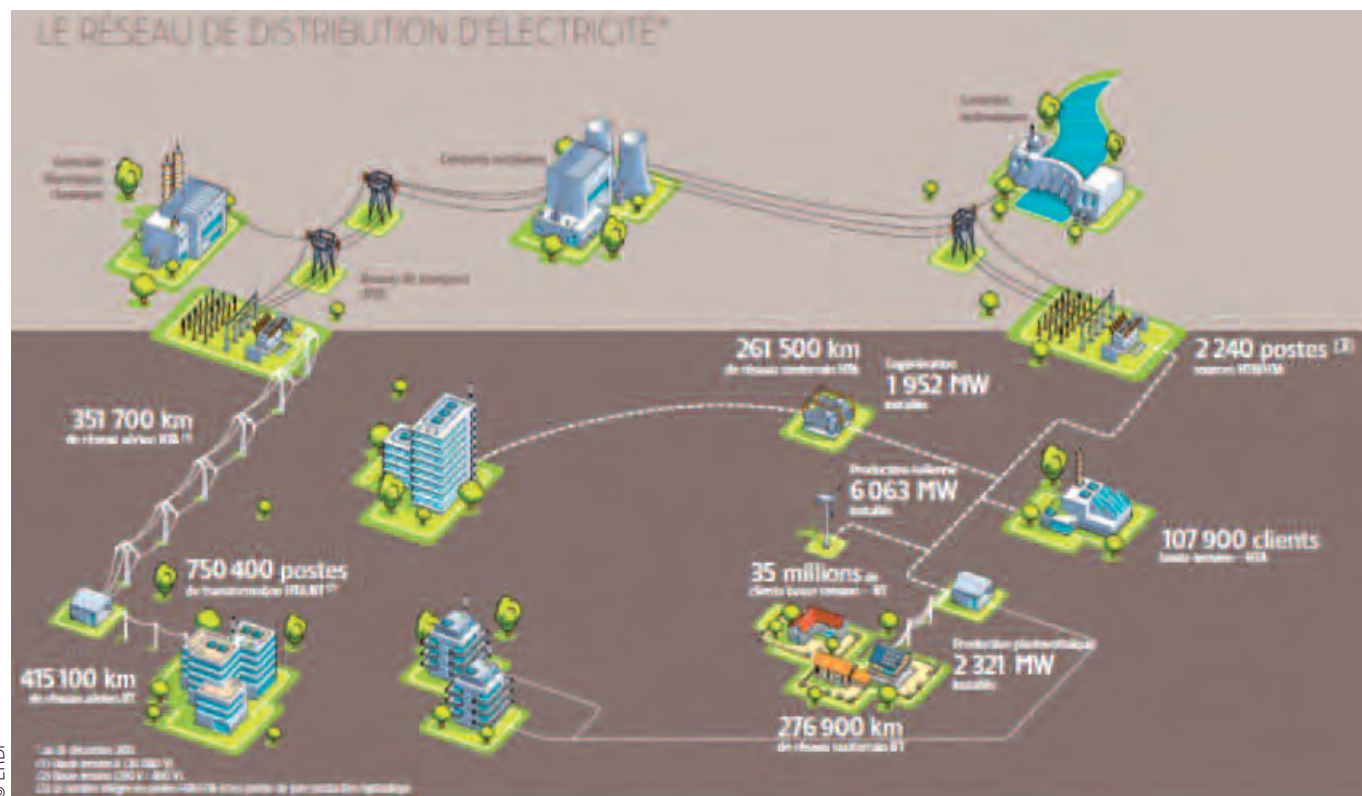
- La Cartographie dite "Moyenne Echelle" : cette cartographie se présente sous la forme d'un SIG, appelé "SIG Mercator", l'un des plus gros SIG du monde. Ce SIG représente les ouvrages HTA et BT, aériens et souterrains (hors poteaux et branchements) sous forme vectorisée et géo-

## MOTS-CLÉS

Géoréférencement, Classe A, Précision, LIDAR, Photogrammétrie, Détection

référéncée, sur un fond de plan externe (Cadaastre, IGN Scan 25 ou France Raster selon l'échelle de représentation choisie du 1/1 000<sup>e</sup> au 1/25 000<sup>e</sup>). Cette Cartographie dite "Moyenne Echelle" sert essentiellement à l'exploitation des ouvrages. C'est-à-dire qu'elle constitue à la fois une BD patrimoniale partagée dans de nombreux systèmes d'informations internes et qu'elle permet de décrire le réseau et de réaliser des calculs électriques.

- La Cartographie dite "Grande Echelle" : cette cartographie présente sous forme de DAO des plans de détails (1/200<sup>e</sup> 1/500<sup>e</sup>) des ouvrages électriques souterrains uniquement, dont les branchements depuis le



Le réseau de distribution d'électricité



1<sup>er</sup> juillet 2012. Ces ouvrages sont cartographiés sur un fond de plan dit "corps de rue" pour la majorité vectorisée, d'origine différente (EDF, GDF, ERDF, BDU, AODE, Particuliers...) dont la qualité du géoréférencement porte le poids des politiques historiques, de l'évolution des technologies. Le positionnement des ouvrages électriques a été obtenu par cotations par rapport à des éléments du fond de plan.

## Évolution du contexte réglementaire

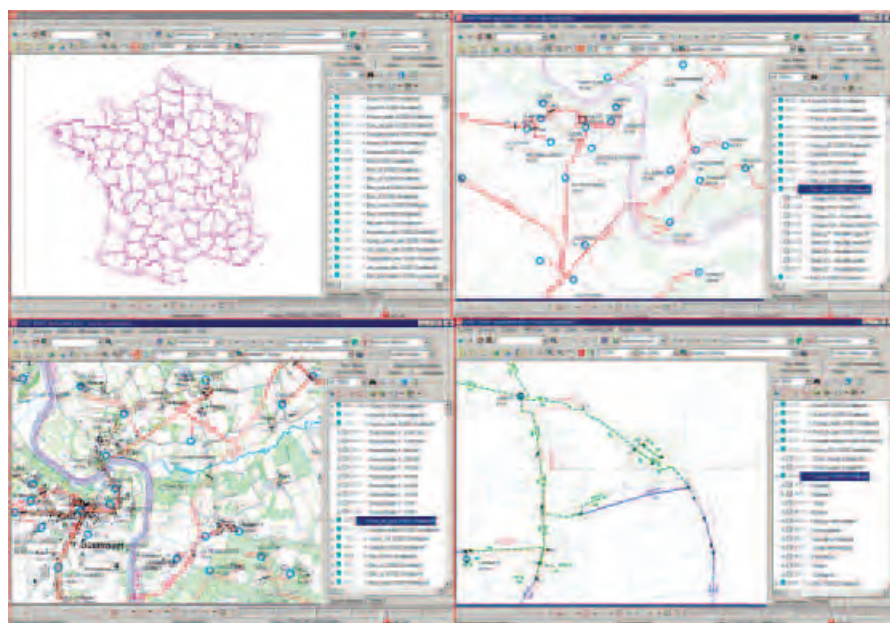
Jusqu'alors, les règles concernant la sécurité des travaux réalisés à proximité des réseaux étaient définies par deux textes réglementaires : le décret du 14 octobre 1991 et l'arrêté du 16 novembre 1994.

Traduisant la volonté politique de l'administration de renforcer le dispositif, une base législative a été conférée au dispositif "anti-endommagement" des réseaux. L'article 219 de la loi 2010-788 du 12 juillet 2010 dite loi "Grenelle-2" a introduit dans le code de l'environnement un chapitre intitulé "sécurité des réseaux souterrains, aériens ou subaquatiques de transport ou de distribution". Ces dispositions fixent un certain nombre de grands principes :

- la nécessaire implication de trois acteurs : le responsable projet (le maître d'ouvrage des travaux), l'entreprise exécutant les travaux et l'exploitant de réseau ;
- la prise en charge par le responsable du projet de travaux des charges induites par le dispositif anti-endommagement ;
- la mise en place d'un guichet unique au sein de l'institut national de l'environnement industriel et des risques (INERIS) en vue de permettre l'identification des exploitants des réseaux. Ce guichet unique sera financé à l'aide de redevances perçues auprès des exploitants de réseaux et des prestataires de services utilisant les données du guichet.

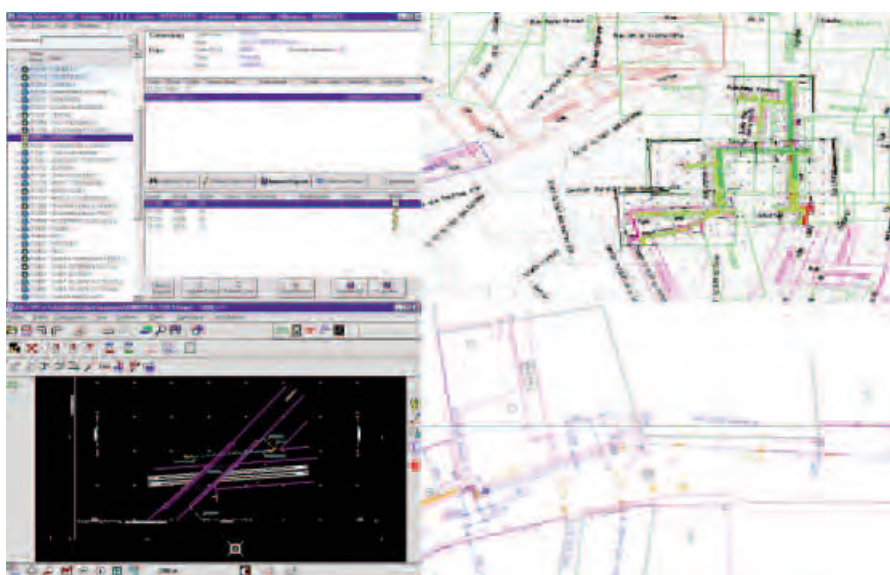
Pas moins de trois décrets et cinq arrêtés ont été pris pour application de l'article 219 de la loi Grenelle-2 :

- décret 2010-1600 du 20 décembre 2010 relatif au guichet unique ;



© ERDF

Illustration de la Cartographie ERDF Moyenne Échelle



© ERDF

Illustration de la Cartographie ERDF Grande Échelle (Outils de Création, Plan d'assemblage et Outil d'Édition)

- décret 2011-762 du 28 juin 2011 fixant les modalités de financement du guichet unique ;
- décret 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 ;
- arrêté du 22 décembre 2010 fixant les modalités de fonctionnement du guichet unique ;
- arrêté du 23 décembre 2010 relatif aux obligations des exploitants d'ouvrages et des prestataires d'aide envers le guichet unique ;

- arrêté du 21 avril 2011 relatif à l'expérimentation d'Orléans et Perpignan ;
- arrêté du 15 février 2012 relatif à l'exécution de travaux à proximité de certains ouvrages souterrains, aériens, ou subaquatique de transport ou de distribution.

En outre, les textes précités ont subi de légères modifications et renvoient à un grand nombre d'autres arrêtés. De même qu'ils renvoient à un guide technique élaboré par des professionnels et à une norme (NF S70-003).



## Evolution de la cartographie ERDF

Dans ce nouveau contexte réglementaire, ERDF, en tant qu'exploitant d'ouvrages électriques dit sensibles pour la sécurité, et en tant que responsable de projet, voit sa cartographie très impactée par la nouvelle réglementation. En effet, la cartographie des ouvrages ne doit plus être pensée à des fins d'exploitation pour des besoins propres. Elle doit être exhaustive, exacte, géoréférencée (planimétrie et altimétrie), organisée et catégorisée pour être communiquée à d'autres acteurs, non plus comme un document informatif, mais comme un document de support aux travaux.

Ainsi, ERDF en tant qu'exploitant d'ouvrages sensibles pour la sécurité doit maîtriser le flux cartographique entrant (cartographie des ouvrages nouvellement posés ou modifiés et celle des Investigations Complémentaires (IC) réalisée en cours de chantiers par divers maîtres d'ouvrages) et pouvoir répondre aux déclarations DT-DICT avec des plans conformes et à jour.

Par ailleurs ERDF, en tant que responsable de projet, doit avoir entre autres, la capacité de produire des plans d'ouvrages géoréférencés, en garantir la catégorisation et ce, pour tous types d'ouvrages présents dans la zone du projet afin de réaliser le Dossier de Consultation des Entreprises (DCE) et de les exploiter pour le marquage-piquetage.

Afin de répondre à ces nouvelles obligations réglementaires, ERDF fait évoluer sa cartographie GE sur une base d'utilisation de nouvelles technologies autour de trois grands axes :

- Acquisition directe et rapide au flux des données topographiques.
- Amélioration de la qualité de positionnement des ouvrages existants dans la cartographie.
- Géoréférencement en masse des fonds de plans existants dans la cartographie.

Les enjeux de ces évolutions sont nombreux, tant sur l'aspect normatif en cours que sur des aspects socio-économiques, techniques, technologiques, sécuritaires et financiers.

## Acquisition directe et rapide au flux

Dans la cartographie existante ERDF, les ouvrages sont reportés en majorité par cotations sur des fonds de plans dit "corps de rue" à l'échelle 1/200<sup>e</sup>. Par conséquent, les ouvrages ne sont pas directement géoréférencés et leur positionnement connu uniquement en planimétrie avec des indications de profondeurs atypiques dans les cas concernés, est de plus ou moins bonne qualité. De plus, les branchements<sup>1</sup> n'étaient pas systématiquement reportés. Dans le contexte actuel, le flux important d'acquisition de données concerne majoritairement la description des nouveaux branchements. La difficulté est de pouvoir coordonner les différents intervenants pour réaliser les travaux et effectuer les levés topographiques des ouvrages pour répondre aux exigences de la classe A<sup>2</sup> de la nouvelle réglementation. Les chantiers dits de branchements sont des chantiers de faible ampleur et de faible durée. Pour des raisons de sécurité, d'impact sur l'espace public et de coûts financiers, une fouille ne peut rester ouverte suffisamment longtemps pour permettre la coordination des intervenants. Une expérimentation d'acquisition directe et rapide au flux du positionnement géoréférencé des branchements doit permettre de tester plusieurs objectifs : une acquisition rapide et de qualité, le géo-

référencement, traiter de nombreux "petits" volumes (branchements), avec un temps de traitement raisonnable et des coûts potentiellement intéressants.

### ■ Expérimentation utilisant la technologie d'acquisition par photogrammétrie terrestre

Pour réaliser le travail de photogrammétrie terrestre en tenant compte de la difficulté de coordination, il est important de séparer les compétences des intervenants des différents corps de métier en fonction des données possibles à acquérir sous la contrainte des délais de remblaiement. Ainsi, le système breveté RAPH<sup>®</sup> (Récolement Automatisé par Photogrammétrie) a été développé par l'entreprise FIT-ESIC pour répondre à cette problématique. Il est à noter que pour des raisons de calculs, le dossier ne peut concerner une fouille de plus de 20 mètres (si la fouille est plus grande, deux dossiers sont nécessaires).

Le principe est basé sur une acquisition de données en deux temps.

Le matériel utilisé par le terrassier se compose d'un appareil photo calibré et de cibles étalons. Le topographe qui interviendra dans un deuxième temps ne sera équipé que d'un système GNSS.

- Dans un premier temps, pendant que la fouille est ouverte et une fois le câble posé, le terrassier pose les cibles artificielles autour de la fouille. Il pose

- (1) Liaison entre le réseau électrique et l'installation du client
- (2) 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 et 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 1<sup>er</sup> janvier 2011 (Référence : Article 1<sup>er</sup> - Titre 1 de l'arrêté du 15 février 2012)

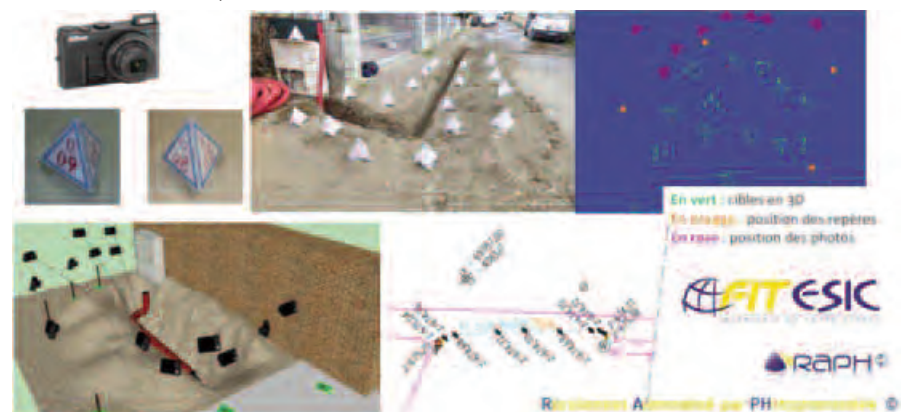


Illustration des différentes étapes du lever d'un branchement par photogrammétrie avec le système RAPH<sup>®</sup>.



aussi des points artificiels si nécessaire (si absence de points bien identifiables dans la zone autour de la fouille permettant un géoréférencement ultérieur). Il photographie ensuite la fouille et les cibles (une quinzaine de prise de vues) selon un mode opératoire simple. Les photos doivent être nettes et les prises de vues convergentes. Les cibles ne doivent pas bouger pendant la prise de vue. La fouille peut être remblayée. Le terrassier se charge de déposer l'ensemble des photographies sur un portail informatique de transfert. Ce dernier donnera l'information de la calculabilité des photographies et effectuera le calcul automatique pour la reconstitution de la scène.

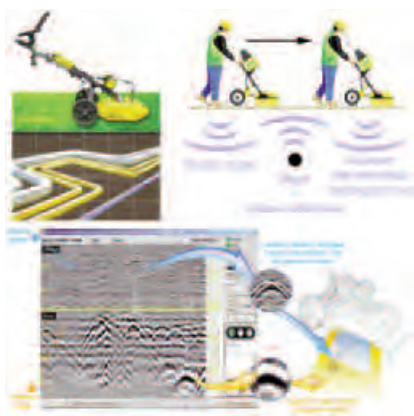
- Le géomètre peut ensuite récupérer l'ensemble des éléments via ce portail et choisir grâce aux photographies les points fixes à géoréférencer. Ainsi, l'ensemble de la scène (dont le fourreau) est géoréférencé. Il n'y a plus qu'à le reporter sur un fond de plan. Si le fond de plan n'existe pas, ou n'est pas mis à jour ou non géoréférencé, le géomètre peut en profiter pour réaliser les compléments de lever.

## Amélioration de la qualité de positionnement des ouvrages existants dans la cartographie

Dans le nouveau contexte réglementaire, tous les ouvrages doivent être géoréférencés et catégorisés en classe A avant janvier 2019 pour les zones en unité urbaine et 2026 pour les zones hors unité urbaine. Ainsi, un chantier de détection des ouvrages électriques afin d'améliorer leur géopositionnement est à mener sur le territoire national. Deux expérimentations ont été mises en place afin de tester la faisabilité et la compatibilité des résultats des techniques de détection au regard des exigences réglementaires.

### ■ Expérimentation utilisant la technologie de détection par géoradar

Le matériel utilisé pour cette expérimentation se compose : d'un géoradar,



© VISIORESO

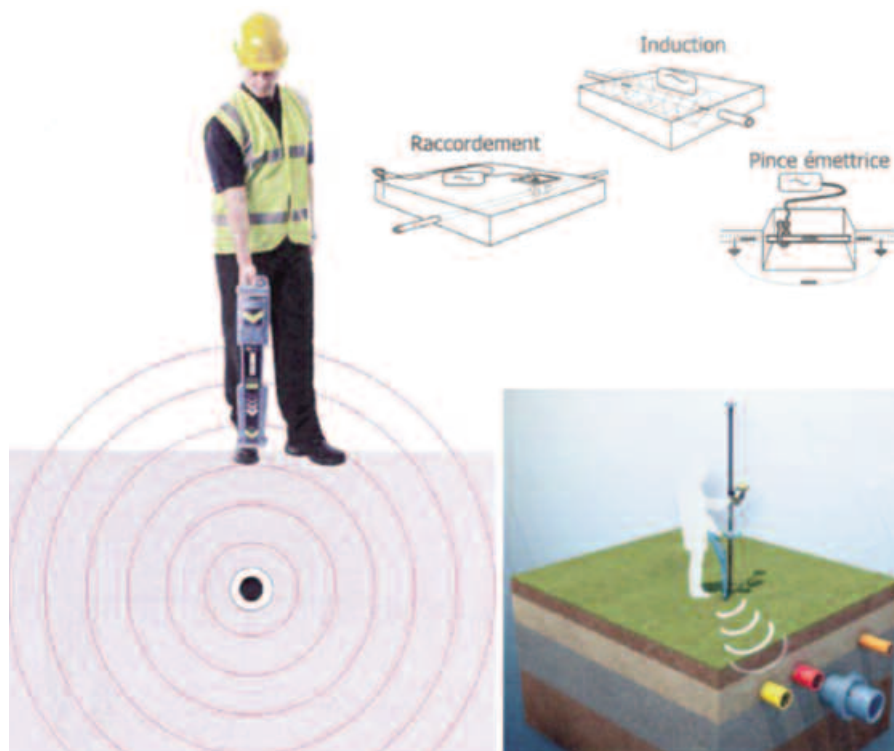
Illustration du principe de fonctionnement du géoradar

d'un système d'acquisition GNSS et d'un système embarqué pour la trajectographie. Le principe est basé sur une acquisition de profils du sous-sol géoréférencée en mobilité. Le géoradar dont la position est géoréférencée enregistre les échos du sous-sol. Ensuite, les profils du radargramme sont analysés. L'ouvrage est ensuite reporté sur un fond de plan géoréférencé. Cette expérimentation s'est soldée par un échec. En effet, l'analyse nécessite au préalable une bonne connaissance du sous-sol (nature du sous-sol et canalisations). Le géoradar seul ne peut donc servir pour détecter

les ouvrages électriques. En revanche, il peut être utilisé en complément d'une autre technique de détection pour lever une ambiguïté.

### ■ Expérimentation utilisant la technologie de détection électromagnétique géoréférencée

Les ouvrages électriques étant conducteurs, il est très aisé d'utiliser le principe de l'induction électromagnétique pour détecter les ouvrages. Le matériel utilisé pour cette expérimentation se compose : d'un détecteur électromagnétique actif et d'un système d'acquisition GNSS. Le principe est basé sur la détection (à l'axe du câble) du signal électromagnétique injecté dans les câbles grâce à une pince à induction (la détection en mode passif donne de moins bons résultats en termes de précision). Pour tracer les ouvrages détectés, les points sont levés au droit de l'axe du câble au niveau du sol grâce au système GNSS. Le détecteur électromagnétique transmet par Bluetooth les informations de profondeur au système GNSS afin de géoréférencer l'ouvrage par calculs. L'ouvrage est reporté sur un fond de plan géoréférencé. Les résultats sont prometteurs. Cependant,



© RADIO DETECTION et D3E

Illustration du principe de fonctionnement de détection électromagnétique géoréférencée





Illustration du principe de fonctionnement d'acquisition LIDAR en mobilité

lorsque le sous-sol est encombré (présence de nappes de câbles conducteurs), il se produit un phénomène d'interférences ce qui dégrade la précision des informations.

## Géoréférencement en masse des fonds de plans existants dans la cartographie

Dans la cartographie existante ERDF, les ouvrages sont reportés pour la majorité par cotations sur des fonds de plans 1/200<sup>e</sup>. La qualité du géoréférencement de ces fonds de plans est hétérogène. On y retrouve des plans géoréférencés, mal géoréférencés ou non géoréférencés.

L'objectif de cet axe de réflexion est un travail sur la correction des fonds de plans. En effet, il est à noter qu'à l'heure actuelle, il n'existe aucune base de référence de fond de plans à une telle échelle. Ainsi, le travail porte sur le géoréférencement et la mise à jour pour un volume de plans conséquent (toute la France métropolitaine) dans une échéance de temps de traitement raisonnable et à des coûts acceptables. Cette nouvelle base de fonds de plans et les résultats des acquisitions brutes pourront potentiellement servir à un partage dans le cadre de la mise en place de BDU, ces dernières étant encouragées par la nouvelle réglementation.

Des expérimentations basées sur trois types d'innovations technologiques en partenariat avec des entreprises topographiques sont en cours.

### ■ Expérimentation utilisant la technologie Mobile Mapping avec scanner 3D

Le matériel utilisé pour cette expérimentation se compose : d'un système d'acquisition comprenant un scanner 3D (système LIDAR), des caméras, un système GNSS et un système embarqué pour l'enregistrement de la trajectographie, le tout fixé à une voiture. Le principe est basé sur une acquisition géoréférencée en mobilité d'un nuage de points et de photographies. Ensuite, les calculs effectués permettent de reconstituer l'environnement 3D (nuage de points et vues photographiques). Si nécessaire, une complétude par méthode "classique" est possible si les

masques visuels sont trop importants. Les plans existants sont donc géoréférencés (en 2D) grâce aux résultats du levé. Le volume de données étant conséquent, cela rend le géoréférencement cohérent sur une grande surface. L'expérimentation n'est pas terminée, mais les résultats sont très prometteurs.

### ■ Expérimentation utilisant la technologie Mobile Mapping avec photogrammétrie

Le matériel utilisé pour cette expérimentation se compose : d'un système d'acquisition comprenant uniquement des caméras, un système GNSS et un système embarqué pour l'enregistrement de la trajectographie, le tout fixé à une



Illustration du principe de fonctionnement d'acquisition photogrammétrique en mobilité



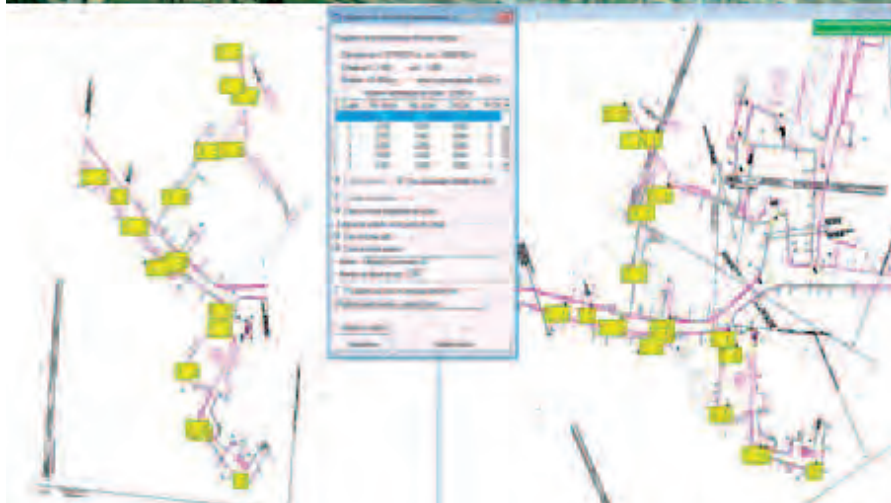
voiture. Le principe est basé sur une acquisition géoréférencée en mobilité de prises de vues photographiques. Ensuite, les calculs effectués permettent de reconstituer l'environnement 3D. Si nécessaire, une complétude par méthode "classique" est possible si les masques visuels sont trop importants. Les plans existants sont donc géoréférencés (en 2D) grâce aux résultats du levé. Le volume de données étant conséquent, cela rend le géoréférencement cohérent sur une grande surface. L'expérimentation n'est pas terminée, mais les résultats sont très prometteurs.

## ■ Expérimentation utilisant la technologie d'acquisition par photogrammétrie aérienne

Le matériel utilisé pour cette expérimentation se compose : d'un système d'acquisition comprenant uniquement un système photographique adapté pour des prises de vues aériennes, un système GNSS et un système embarqué pour l'enregistrement de la trajectographie, le tout fixé à un avion. Le principe est basé sur une acquisition géoréférencée en mobilité de prises de vues photographiques, vue de dessus. Ensuite, les calculs effectués permettent de reconstituer l'environnement 3D par stéréorestitution. Si nécessaire, une complétude par méthode "classique" est possible si les masques visuels sont trop importants. Les plans existants sont donc géoréférencés (en 2D) grâce aux résultats du levé. Le volume de données étant conséquent, cela rend le géoréférencement cohérent sur une grande surface. L'expérimentation n'est pas terminée, mais les résultats sont très prometteurs.

## Conclusion

La nouvelle réglementation "anti-endommagement" oblige ERDF à porter un regard nouveau sur la cartographie de ses ouvrages car elle ne sert plus uniquement à ses besoins d'exploitation. La garantie des données de localisation précise des ouvrages a de nombreux enjeux, dont la sécurité lors des travaux à proximité des ouvrages sensibles. ERDF s'est orientée vers les nouvelles technologies pour améliorer



© CABINET FREITAS et ISETOPO

Illustration du principe de fonctionnement d'acquisition par photogrammétrie aérienne

sa cartographie des ouvrages. De nombreuses expérimentations sont très prometteuses. Les résultats des données permettant le géoréférencement des fonds de plans seraient une base partageable pour mettre en place des BDU. Celles-ci faciliteraient la conception des plans de synthèse puisque tous les exploitants répondraient sur le même fond de plan dont la qualité et la mise à jour seraient assurées par la structure qui gère la BDU. ●

## Contact

**Lobna REKIK**  
lobna.rekik@erdfdistribution.fr

## ABSTRACT

**Key-words:** Geolocation, A-Class, Accuracy, LIDAR, Photogrammetry, Detection.

*The new "no-damage" regulation leads electrical, gas, water, telecom utilities to rethink their Geographical Information System (GIS). The GIS are not only used for operation requirements anymore, but also to ensure the network spatial location for any construction work. The description needs to be reliable and accurate.*