

ÉTUDE DES OUTILS, METHODES ET COUTS DU GEOREFERENCEMENT DU FONCIER EN MILIEU URBAIN AU SEIN DE LA SOCIETE SOGEXFO A TOULOUSE

Société d'accueil : Sogexfo Toulouse

PFE présenté par : Julien Fournié

Directeur de PFE : Patrick Bezard-Falgas

Correcteurs : Mathieu Koehl – Jaques Ledig



INTRODUCTION

Ce projet de fin d'études a été réalisé au sein de l'agence Toulousaine de la SOGEXFO, société de géomètres-experts associés dont M. Bezard-Falgas est le directeur général. La SOGEXFO est le 1^{er} cabinet de la région et le 25^{ème} au niveau national. Son siège social est situé à Moissac dans le Tarn-et-Garonne (82). J'étais intégré au service foncier de l'agence de Toulouse. Ce service est dirigé par M. Bernard Panozzo, géomètre-expert foncier DPLG.

La progression constante des échanges numériques pousse les géomètres à les utiliser de plus en plus. Dans le cadre de la modernisation de la profession de géomètre-expert foncier, l'ordre des géomètres-experts met en place un portail internet pour faciliter ces échanges au sein de la profession comme vers d'autres professions. Les échanges numériques posent des problèmes qui sont essentiellement des problèmes de compatibilités.

L'Union Européenne, par le biais de la directive INSPIRE, veut faciliter l'échange des données environnementales et définit notamment les métadonnées qui doivent accompagner les données géographiques. L'ordre des géomètres-experts a déjà mis en place depuis 1997 les archives unifiées des répertoires informatiques des géomètres-experts qui permettent aux géomètres-experts de diffuser, au sein de la profession, ce qu'on peut qualifier de métadonnées de leurs travaux. Pour que les échanges soient possibles, il faut que les données échangées obéissent à des règles. L'ordre des géomètres-experts a mis en place le référentiel foncier unifié, un parcellaire alimenté par les géomètres-experts et composé des limites définies lors de bornages ou de divisions réalisées par les géomètres-experts. Il inclut aussi tous les documents qui définissent les limites, procès verbaux, plans de division, etc. Ce référentiel définit également le format que doivent prendre les données pour pouvoir y être intégrées.

Un autre point important de l'échange de données géographiques est le système géodésique. C'est dans cette problématique que mon projet de fin d'études s'inscrit. Mon projet doit quantifier les coûts qu'engendre le géoréférencement du foncier en milieu urbain.

Je vais, dans un premier temps, présenter le portail E-Foncier et le référentiel foncier unifié. Je présenterai dans un deuxième temps le géoréférencement avec des tests de précision du principal outil que l'ordre des géomètres-experts foncier a mis en place à cet effet, c'est-à-dire, le réseau de stations GPS permanentes TERIA et des procédures de géoréférencement. Enfin, dans un troisième temps, je présenterai une étude des coûts du géoréférencement et du RFU et une solution pour réduire les coûts de production à la Sogexfo.

LE PORTAIL E-FONCIER

Le portail E-Foncier est un outil extranet qui doit permettre l'échange des données. Cet outil a pour vocation de devenir le SIG métier du géomètre-expert. Il se présente comme une interface cartographique avec différentes couches visualisables.

Les données disponibles sur ce portail sont des données utiles aux géomètres-experts comme le cadastre de la direction générale des impôts, la BD topo, la BD ortho et la DB parcellaire de l'IGN, les plans locaux d'urbanisme fournis par les autorités compétentes. D'autres données devraient venir s'ajouter à celles déjà présentes comme des données sur les réseaux (Gaz, Électricité...) qui seraient fournies par les services compétents.

Le module de gestion de dossiers permet de faciliter un certain nombre d'opérations dans E-Foncier. Tous les dossiers que traite un cabinet ont une existence informatique dans E-Foncier. La fiche dossier permet de gérer les informations qui y sont associées ; La désignation interne du dossier, ses coordonnées, le type d'opération, le nom du client, etc. Ces informations devront ensuite servir, entre autres, à retrouver le dossier lors d'une recherche future. C'est à partir de la fiche dossier que les différents éléments constitutifs du RFU seront importés dans E-Foncier, cela permet de lier chaque donnée à un dossier et donc à un géomètre-expert producteur de cette donnée.

Le référentiel foncier unifié est donc un parcellaire géoréférencé avec une géométrie répondant à une précision centimétrique. Le RFU est accompagné de documents qui donnent à la limite son caractère juridique (procès verbal, plan de bornage, plan de division, etc.). Le référentiel foncier unifié permet de compléter AURIGE. Les métadonnées d'AURIGE vont être associées aux données du RFU. E-Foncier et son interface cartographique permettent d'afficher un logo à l'endroit indiqué par les coordonnées présentées dans AURIGE. De plus la fiche dossier contient toutes les informations qui doivent apparaître dans AURIGE ce qui permet d'alimenter AURIGE de manière simple.

À l'heure actuelle, la donnée foncière la plus importante est le cadastre qui couvre la totalité du territoire métropolitain Français. Or le cadastre est un document fiscal dont les informations géographiques foncières sont imprécises. Les informations foncières littérales sont quant à elles fiables. Le RFU a pour but de compléter les informations littérales du cadastre avec un parcellaire de précision centimétrique.

La production du RFU est assurée par les géomètres-experts fonciers inscrits à l'Ordre, seuls professionnels habilités à produire de la donnée foncière. Il y a deux composantes dans le RFU, la couche graphique et la couche documentaire. La couche graphique représentant les parcelles est produite à partir des plans DAO créés lors des différents travaux réalisés par les géomètres-experts. Du plan DAO sont extraites les lignes de limites et les points qui représentent les sommets matérialisés de limites pour créer un fichier DXF (format d'échange DAO notamment utilisé par le cadastre). Les coordonnées des éléments du fichier DXF doivent être exprimées dans le système de référence légal actuel, soit le RGF93. La projection qui devra être utilisée est à choisir par le géomètre-expert parmi la projection Lambert93 ou une des projections coniques conformes 9 zones. Au moment de l'envoi du fichier vers E-Foncier, E-Foncier se charge le cas échéant de convertir les coordonnées en projection Lambert93, la seule à assurer une continuité sur une région administrative. Le portail E-Foncier est un portail régional ; les données sont trop importantes pour être gérées de manière nationale. La diffusion du RFU est assurée par le portail E-Foncier au travers d'une couche spécifique. Quand cette couche est activée, les limites du RFU apparaissent en bleu alors que les sommets de limites sont eux représentés par des points rouges. Lors de l'envoi du fichier DXF, les lignes et points qui le composent sont associés à un dossier et donc à un géomètre ce qui permet d'assurer la traçabilité des données. La consultation du RFU est aussi assurée par le portail E-Foncier. Plusieurs types d'utilisateurs existent dans E-Foncier, le grand public, le partenaire, le géomètre-expert et le géomètre-expert abonné, chaque type d'utilisateur ayant ses propres droits d'accès aux données.

LE GEOREFERENCEMENT

Les données foncières doivent être rattachées au système géodésique RGF93. Tous les travaux fonciers doivent être géoréférencés. Le cas des copropriétés est cependant encore en suspens. Le géoréférencement, dans ce projet, est réalisé à l'aide d'un GPS connecté au réseau TERIA.

J'ai réalisé des tests de précision de cet outil. Le premier test consiste à vérifier l'écart type que l'on peut obtenir avec cette technologie. J'ai mis en place quatre points aux abords du bureau. J'ai mesuré ces points avec un GPS Topcon Hyper+ connecté au réseau TERIA. Trois des points sont placés de manière à avoir peu de masques. Le quatrième, pour sa part, est placé dans une zone sujette au masque. Le premier point a été déterminé 13 fois, les écarts types obtenus sont ± 1 cm en E et en N et $\pm 1,2$ cm en altitude. Le second point a été déterminé 19 fois. Les écarts types sur ce point sont $\pm 0,6$ cm en E, $\pm 0,9$ cm en N et de $\pm 1,2$ cm en altitude. Les écarts types sur le troisième point déterminé 18 fois sont ± 1 cm en E et N et ± 2 cm en altitude. On retrouve ici la précision centimétrique souhaitée pour le référentiel foncier unifié. Le quatrième point donne des écarts types plus importants, $\pm 4,5$ cm en E, $\pm 2,3$ cm en N et ± 11 cm en altitude. On voit ici les limites de la technologie GPS liées aux masques. Il est donc important par la suite de bien choisir les points mesurés au GPS.

Le second test consiste à comparer des distances horizontales calculées à partir de points GPS et des distances calculées à partir des deux mêmes points, mais déterminés cette fois par mesures tachéométriques. J'ai pu comparer de cette manière 100 distances. Si on considère le résultat des tests précédents, on considère que l'écart type est de ± 1 cm en E et en N pour les points GPS. Une étude théorique de précision montre par transition d'erreur moyenne quadratique que l'écart type sur une distance GPS est de $\pm 1,4$ cm. Si on considère une précision équivalente sur les distances tachéométriques alors l'écart type théorique sur les différences de distance est de ± 2 cm ce qui donne une tolérance de ± 5 cm. Or parmi les 100 distances comparées, la différence est, à trente reprises, supérieure à cette tolérance. L'écart type sur les coordonnées semble alors surestimé. Cela peut s'expliquer par la nature des points levés. Les points levés lors de ce test sont des points de détails, leur détermination avec le tachéomètre n'a pas fait l'objet d'attention particulière. Ce sont des points qui ont été levés avec une méthodologie qui garantit une précision centimétrique et pas le centimètre. De plus, les points ne sont pas tous clairement matérialisés, certains sont des centres de bouches à clé, d'autres des angles de piliers... Leur détermination au GPS ne peut donc assurer une telle précision. J'ai donc réévalué l'écart type des coordonnées GPS comme tachéométriques à $\pm 2,5$ cm qui est en général ce que l'on attend d'un lever foncier. La tolérance est alors de

± 13 cm. Dans ce cas les 100 écarts sur les distances sont inférieurs à la tolérance, l'écart le plus important étant de 11 cm.

On connaît l'outil qui va permettre le géoréférencement, on va maintenant voir les différentes procédures retenues.

Le principe du géoréférencement est de lever des points au GPS qui vont être connus dans le système RGF93 puis d'utiliser ces points pour calculer les autres dans ce même système. Ces procédures sont basées sur une vingtaine de dossiers que j'ai pu traiter. Deux familles de procédures se distinguent. Elles se différencient par la chronologie du calcul par rapport à la détermination des points GPS. Si le calcul du lever est réalisé avant la détermination des points GPS (GPS indisponible ou lever effectué directement en xyz) alors les points GPS sont utilisés pour calculer les paramètres d'une transformation d'Helmert qui sera ensuite appliquée aux autres points. On peut ici discerner deux cas. Dans le premier, le calcul a été effectué sans tenir compte des éventuelles altérations linéaires liées à la projection utilisée. Dans ce cas le coefficient d'homothétie de la transformation d'Helmert ne devra pas être égal à 1. Dans le second cas, le calcul du lever aura été fait en tenant compte des altérations linéaires, le coefficient d'homothétie devra alors être égal à 1. Ce coefficient permet un contrôle de la transformation. Un contrôle est aussi réalisé sur les écarts entre les coordonnées mesurées au GPS et celles issues de la transformation.

La deuxième famille de géoréférencement correspond au cas où les mesures GPS ont été réalisées avant le calcul du lever tachéométrique. Deux cas se distinguent à nouveau. Dans le premier, toutes les stations de lever ont pu être déterminées par GPS dans ce cas, les points de détails sont calculés directement en se basant sur les coordonnées GPS des stations. Dans le second cas, seulement une partie des stations ont pu être déterminées par GPS. On calcule alors les coordonnées des stations manquantes par polygonation ou par calcul en bloc du réseau en se basant sur les coordonnées GPS des stations qui ont été déterminées par ce moyen.

En milieu urbain, il sera souvent difficile de lever toutes les stations du lever. Il sera parfois indispensable de lever au tachéomètre des points spécifiquement positionnés pour permettre les mesures GPS. Dans les centres anciens il sera parfois nécessaire de réaliser une polygonation pour aller placer un point qui pourra être déterminé par GPS. L'utilisation de réseaux établis par les agglomérations peut être parfois plus efficace que l'utilisation du GPS.

Je vais présenter deux cas concrets de géoréférencement de zones d'aménagement concerté.

La première ZAC a été créée dans les années 70-80. Les coordonnées sont des coordonnées NTF et la projection utilisée est la Lambert III. Comme la ZAC était déjà géoréférencée, on aurait pu simplement passer de la projection Lambert III à la projection Conique Conforme 43 par calcul. Mais le cabinet voulait profiter de l'occasion pour contrôler le réseau de stations présent sur la ZAC. J'ai réalisé un lever GPS de 18 stations de la ZAC, j'ai comparé les coordonnées obtenues avec celles connues de la ZAC. La moyenne des écarts en E est de 20 cm et en N de 18 cm. On voit que le géoréférencement de la ZAC est imprécis. La géométrie de la ZAC, quant à elle, est correcte puisque l'EMQ en E est de ± 8 cm et ± 4 cm en N. Au vu de ces écarts, la transformation d'Helmert semble la meilleure transformation à appliquer. Ses translations vont permettre de corriger les systématismes présents en E et en N de plus la superficie de la ZAC permet la transformation d'Helmert qui ne peut s'appliquer qu'à des chantiers de quelques kilomètres ; la distance maximale de la ZAC est d'environ 1,5 km. Après plusieurs tests, il s'est avéré que le meilleur moyen de géoréférencer cette ZAC en CC43 est de la découper en deux zones qui auront chacune leurs propres paramètres de transformation d'Helmert.

La seconde ZAC est plus récente. Son rattachement original est basé sur 5 points déterminés par GPS il y a une dizaine d'années. Les écarts constatés entre les coordonnées historiques et celle que j'ai déterminées pendant mon projet de fin d'études sont en moyenne de 7 cm en E et 1 cm en N. Comme la ZAC précédente, on ne peut pas simplement passer des coordonnées Lambert III en CC43 par calcul. On va donc appliquer une transformation d'Helmert. Il n'a pas été nécessaire dans cette ZAC de définir plusieurs zones. Une seule transformation produisait des écarts acceptables de l'ordre de 3 cm.

E-Foncier et le géoréférencement entraînent des changements dans la façon de travailler des géomètres-experts. Lors de la réception du client, E-Foncier permet d'avoir un aperçu du terrain avec la BD ortho, un aperçu du cadastre et de sa concordance avec la BD ortho. E-Foncier permet de lister les parcelles voisines à la parcelle objet de bornage, ce qui facilite la recherche des voisins. L'outil de dessin d'E-Foncier va aussi permettre de réaliser un avant projet rapide. Après les travaux de terrain changés par le géoréférencement, E-Foncier va permettre le téléchargement du cadastre en DXF pour le DMPC numérique. L'archivage est facilité avec E-Foncier. Il est possible de sauvegarder sur E-Foncier n'importe quel fichier. On peut par exemple envoyer vers E-Foncier le fichier de points du lever. E-Foncier facilite également l'archivage vers AURIGE.

IMPACT ECONOMIQUE DU GEOREFERENCEMENT ET DU RFU

Les surcoûts engendrés par le géoréférencement et le RFU sont : l'achat de l'antenne GPS, l'abonnement au réseau TERIA, l'abonnement téléphonique indispensable au réseau TERIA. L'OGE a réalisé une étude sur le géoréférencement et a déterminé à 15 minutes le temps nécessaire au géoréférencement sur le terrain. Au bureau la production du RFU nécessite entre 5 et 20 minutes. Un cabinet moyen traite 200 dossiers qui pourraient être impactés par le géoréférencement. La première année d'utilisation du GPS pour le géoréférencement, le surcoût est de 82 € par dossier. Le surcoût horaire est alors de 2,2 €. La seconde année, les coûts baissent car les droits d'entrée à TERIA ne sont payés que la première année. Le surcoût horaire est alors de 1,7 €. La troisième année le surcoût horaire reste de 1,7 €. La quatrième année il est de 0,7 €, l'antenne étant entièrement amortie. Si on considère qu'à la cinquième année on renouvelle l'antenne, alors le surcoût horaire passe à 1,6 €. En fin de compte, le surcoût maximum lié au géoréférencement est de 2,2 € par heure.

Différentes solutions existent pour réduire les coûts de production. J'ai testé la solution Géovisual de Atlog, elle permet de réaliser le report DAO du plan au fur et à mesure du lever. Elle consiste en un tablet-PC relié au matériel de lever, ici le GPS. Le logiciel Géovisual est un environnement DAO spécialement adapté à la topographie. Quand un point est mesuré avec le GPS, il est automatiquement dessiné sur le plan avec le symbole que l'opérateur lui a associé. Je n'ai pu réaliser qu'un nombre de tests limités en raison de problèmes techniques indépendant de Géovisual. Cependant lors des tests, j'ai estimé à 25% la réduction du temps de DAO par dossier. À la SOGEXFO, la DAO représente en moyenne 300 € par dossier. Si on la réduit de 25%, cela donne une économie de 75€ par dossier. Le coût de la solution est de 9800€ à l'achat puis de 700€ de maintenance annuelle. L'amortissement de l'achat est étalé sur 3 ans. Lors de ces trois années le surcoût est de 45€ par dossier puis de 39€ par dossier les années suivantes. Cette solution permet donc une économie de 20€ par dossier puis de 26€ à partir de la 4^{ème} année.

CONCLUSION

Pour conclure ce projet de fin d'études, on constate que la précision du GPS connecté à TERIA est cohérente avec la précision attendue lors de travaux fonciers. En ce qui concerne le géoréférencement, quatre procédures semblent suffisantes pour couvrir la totalité des travaux fonciers courants. Enfin, les surcoûts engendrés par l'obligation de géoréférencement et le RFU sont en définitive tout à fait raisonnables. De plus, il existe des solutions efficaces pour réduire les coûts de production au sein des cabinets de géomètres-experts.

Sur le plan personnel, ce projet m'a permis de cerner différents problèmes qui se posent au sein d'une profession qui innove et qui est confrontée au refus de changements de ceux qui auraient pourtant à y gagner. Je suis d'autre part très satisfait d'avoir pu allier la technique aux études financières cela m'a permis d'approfondir deux aspects importants de la profession.