



HAL
open science

L'opportunité de l'utilisation de la maquette numérique pour le bornage et l'apport de la 3D pour envisager l'avenir de l'acte foncier

Valentin Morin

► To cite this version:

Valentin Morin. L'opportunité de l'utilisation de la maquette numérique pour le bornage et l'apport de la 3D pour envisager l'avenir de l'acte foncier. Sciences de l'ingénieur [physics]. 2023. dumas-04412370

HAL Id: dumas-04412370

<https://dumas.ccsd.cnrs.fr/dumas-04412370>

Submitted on 23 Jan 2024

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
ECOLE SUPERIEURE DES GEOMETRES ET TOPOGRAPHES

MEMOIRE

présenté en vue d'obtenir

le DIPLOME D'INGENIEUR CNAM

SPECIALITE : Géomètre et Topographe

par

Valentin MORIN

L'opportunité de l'utilisation de la maquette numérique pour le
bornage et l'apport de la 3D pour envisager l'avenir de l'acte
foncier

Soutenu le 5 septembre 2023

JURY

Monsieur Jérôme VERDUN	Président du jury
Monsieur Maxime ASSELIN	Maître de stage
Madame Élisabeth BOTREL	Enseignant référent

Remerciements

Je tiens à remercier le cabinet ab associés de m'avoir accueilli pour réaliser ce stage de fin d'études. En particulier, mon maître de stage Maxime Asselin pour ses conseils et avis. Je souhaite remercier également Arnaud Berson, géomètre-expert au sein de la société pour ses recommandations.

Je remercie Elisabeth Botrel, mon enseignante référente, pour sa disponibilité, ses conseils sur mon travail.

Je remercie aussi Patrick Bezard Falgas, Directeur général de Géofoncier de m'avoir accordé un entretien, ainsi que Patrick Maïore et Pascal Richard de la société e-cassini pour l'accès gratuit à la plateforme Geocassini.

Enfin, je souhaite remercier mes proches pour leur soutien et leur aide.

Liste des abréviations

2D : Deux Dimensions

3D : Trois Dimensions

4D : Quatre Dimensions

API: Application Programming Interface

Art: Article

BIM: Building Information Modeling

CA : Cours d'Appel

CAO : Conception Assistée par Ordinateur

Cass 3^{ème} civ : 3^{ème} chambre civile de la Cour de cassation

Cass. Soc : Chambre sociale de la Cour de cassation

C. civ : Code Civil

CPI : Code de la propriété intellectuelle

C. transp : Code des transports

C. trav : Code du travail

DAO : Dessin Assisté par Ordinateur

DGAC : Direction Générale de l'Aviation Civile

IGN : Institut National de l'Information Géographique et Forestière

INSEE : Institut National de la Statistique et des Études Économiques

LIDAR: Laser Imaging Detection and Ranging

LOD: Level of detail

LOIN: Level of information need

OGE : Ordre des Géomètres-Experts

PDF : Portable Document Format

PVBN : Procès-Verbal de Bornage Normalisé

UNGE : Union Nationale des Géomètres-Experts

Glossaire

Acte foncier 3D : maquette numérique établie par un Géomètre-Expert ayant pour objet la description des limites foncières.

Bornage : opération juridique de délimitation de 2 fonds de terres contigus. Le bornage consiste à déterminer, par des marques apparentes (les bornes), la limite séparative de 2 propriétés¹.

Drone : aéronef qui circule sans personne à bord c'est-à-dire tout appareil capable de s'élever ou de circuler dans les airs sans personne à bord².

Maquette numérique : représentation géométrique 3D d'un objet conçu ou construit réalisée par ordinateur à laquelle est associée des informations.

Méthode traditionnelle : méthode usuelle de levé par tachéométrie et géoréférencement par GNSS.

¹ Lexique des termes juridiques, 2020-2021, Dalloz

² C. transp. Art L6100-1

Table des matières

I	DES OPPORTUNITES DE PLUS EN PLUS MARQUEES POUR L'UTILISATION DE LA MAQUETTE NUMERIQUE POUR DES BORNAGES CIBLES	10
I.1	L'APPREHENSION DES SITUATIONS DE BORNAGE COMPLEXES FACILITEE PAR DE NOUVEAUX MOYENS D'ACQUISITION ET DE REPRESENTATION MAITRISES ET SURS	10
I.1.1	Des situations difficiles pour définir la limite de propriété avec la méthode traditionnelle	10
I.1.1.1	Le milieu urbain, première source de difficulté pour le levé des parcelles à borner .	10
I.1.1.2	La représentation difficile des éléments complexes représentant un enjeu pour la définition de la limite de propriété	11
I.1.1.3	Les problèmes de sécurité entourant certaines interventions par méthode traditionnelle de relevé	14
I.1.2	La photogrammétrie et la lasergrammétrie : des techniques facilitant le travail du géomètre et permettant une restitution réaliste des lieux en 3D	15
I.2	LA MAQUETTE NUMERIQUE, UN OUTIL VALORISANT L'ACTIVITE DE BORNAGE POUVANT DEVENIR UN « ACTE FONCIER 3D »	17
I.2.1	La maquette numérique : un outil aux multiples usages en plein essor.....	17
I.2.2	La maquette numérique : un outil contribuant à la dématérialisation de l'acte foncier	19
I.2.3	La maquette numérique : un outil favorisant la compréhension du bornage.....	21
I.3	DES OUTILS DE PARTAGE EN FORTE PROGRESSION PERMETTANT LA CREATION DE PROCESSUS DE PARTAGE DE L'ACTE FONCIER 3D	24
I.3.1	Les cadastres suisse et luxembourgeois des exemples à suivre pour l'avenir de l'acte foncier 3D en France.....	24
I.3.2	Des outils informatiques de partage de la maquette numérique de bornage accessibles.....	25
I.3.3	Mise en place d'un processus de partage innovant.....	27
II	DES OBSTACLES A LA DEMOCRATISATION DE L'ACTE FONCIER 3D POUVANT ETRE FRANCHIS	28
II.1	LES PRECAUTIONS A PRENDRE EN COMPTE LORS DE L'ACQUISITION DES DONNEES ET LA MODELISATION DE LA MAQUETTE NUMERIQUE DE BORNAGE	28
II.1.1	L'usage du drone, entre règles de survol et acquisition d'images, de nombreuses mesures laissant place à une liberté d'utilisation	29
II.1.2	Les atteintes au droit à l'image et au respect de la vie privée entourant les acquisitions par lasergrammétrie et photogrammétrie aérienne.....	31
II.1.3	La maquette numérique : une atteinte au droit d'auteur des architectes ?.....	32
II.2	COMMENT SECURISER L'USAGE DE L'ACTE FONCIER 3D ?	33
II.2.1	Anticiper le choix de la maquette numérique comme livrable de l'opération de bornage..	33
II.2.2	Des moyens d'authentification de la maquette numérique à inventer.....	34
II.2.3	Des modifications des normes ordinales aboutissant à l'élaboration d'une charte pour la maquette numérique de bornage à envisager	36
II.3	UNE PRATIQUE COUTEUSE ECONOMIQUEMENT, SOCIALEMENT, ENVIRONNEMENTALEMENT ? .	37
II.3.1	Coût économique : la méthode 3D, un tarif quasi équivalent face à des bornages onéreux par la méthode traditionnelle.....	37
II.3.2	Coût social : une adaptation des personnes aux outils numériques et à la 3D nécessaire ...	38
II.3.3	Coût environnemental : l'impact du numérique sur l'environnement à prendre en compte pour justifier la dématérialisation de l'acte foncier.	39
	Conclusion	41
	Bibliographie	42
	Table des annexes	47
	Annexe 1 Photographies illustrant des situations risquées lors de levés de bornage.	48

Annexe 2 Notice géoréférencement d'une maquette numérique sur le logiciel Autodesk Revit	49
Annexe 3 Extrait du Recueil des normes ordinales de l'acte foncier précisant les exigences graphiques pour celui-ci (source : OGE).....	50
Annexe 4 Maquette numérique de bornage du dossier Quai Saint-Laurent à Orléans.....	51
Annexe 5 Modèle de courriel envoyé aux propriétaires en vue de partager la maquette numérique de bornage	52
Annexe 6 Estimation du coût du bornage amiable selon la méthode employée	53
Liste des figures.....	54
Liste des tableaux	54

Introduction

“*Dessignons le monde à l’ère numérique*”³, telle est la mission que se sont fixée les Géomètres-Experts en 2016 lors de leur congrès. L’adjectif numérique caractérise « *la représentation d’information ou de grandeurs physiques au moyen de caractères tels que des chiffres ou au moyen de signaux à valeurs discrètes* »⁴. Autrement formulé, il caractérise l’ensemble des informations traitées par des procédés informatiques. Le passage à ce type de représentation suppose une action appelée « *dématérialisation* » qui consiste à : « *transformer des supports d’information matériels en supports numériques* »⁵. La notion de dématérialisation est apparue conjointement avec l’informatique, dans le domaine de la topographie, elle est majoritairement caractérisée par le DAO et la diminution progressive des plans imprimés pour laisser place aux formats numériques. Par ailleurs, un travail de fin d’étude évoquait plus spécifiquement la dématérialisation du contradictoire pour les actes fonciers réalisés par les géomètres-experts⁶. Au sens de l’OGE, les actes fonciers désignent les activités mentionnées à l’article 1^{er} de la loi du 7 mai 1946 instituant l’Ordre des Géomètres-Expert, c’est-à-dire l’ensemble des études et documents topographiques qui fixent les limites des biens fonciers⁷. Parmi ces actes, on retrouve le procès-verbal de bornage⁸ ainsi que le plan de bornage. Cette dématérialisation de l’acte foncier s’est concrétisée récemment avec la signature électronique. Introduite par une loi du 13 mars 2000⁹, la signature électronique est possible depuis 2020 pour signer les PVBN via le portail Géofoncier. Aujourd’hui, elle représente environ 1000 à 2000 collectes de signatures par mois et est utilisée par un peu plus de 300 Géomètres-Experts sur les 1800 inscrits à l’OGE¹⁰. On observe donc un courant de dématérialisation qui se diffuse auprès des géomètres-experts. D’autre part, l’arrivée de la photogrammétrie par drone, de la lasergrammétrie et de la maquette numérique bouleverse également les méthodes d’acquisition et de modélisation employées jusqu’alors. L’IGN décrit la photogrammétrie comme une technique de mesure

³ Congrès de l’Ordre des Géomètres-Experts de Nancy, 2016

⁴ Dictionnaire Larousse en ligne

⁵ Dictionnaire Larousse en ligne

⁶ DELALANDE J, 2021, *Le respect du contradictoire est-il dématérialisable dans l’acte foncier réalisé par le géomètre-expert*, Mémoire Ingénieur ESGT, Le Mans, p. 74

⁷ Article 1 de la loi du 7 mai 1946 instituant l’Ordre des géomètres-experts

⁸ Dans cette étude, nous utiliserons l’acronyme PVBN qui désigne la version dite « normalisée » imposée par l’OGE.

⁹ Loi du 13 mars 2000 portant adaptation du droit de la preuve aux technologies d’information et relative à la signature électronique

¹⁰ Entretien avec M. BEZARD FALGAS directeur général de la SAS Géofoncier, il faut aussi préciser qu’il existe d’autres outils qui permettent la signature électronique (Moduléo, Geoprod)

qui consiste à déterminer la forme, la dimension et la situation d'un objet dans l'espace à partir de plusieurs prises de vue photographiques¹¹, bien que cette technique existe depuis 1848¹², l'arrivée du drone a contribué à son renouveau¹³. La lasergrammétrie, quant à elle, est une technique d'acquisition de données utilisant la lumière LASER pour mesurer directement, selon une trame régulière, les coordonnées 3D des points sur une surface¹⁴. Ces techniques permettent des acquisitions tridimensionnelles qui peuvent remettre en cause l'usage de plans 2D. Dans ce contexte, une question s'est posée : le courant de dématérialisation associée à ces nouvelles technologies pouvait-il remettre en cause le rôle du géomètre-expert¹⁵ ? Face à cette dernière, un géomètre-expert répondait très justement dans une interview pour la revue *Géomètre*¹⁶ que ces technologies devaient s'adapter à la profession de géomètre-expert qui, dans le cadre de sa délégation de service public, est le seul à pouvoir fixer la limite de propriété¹⁷. Aujourd'hui, bien que ces technologies soient maîtrisées, l'adaptation de celles-ci au domaine foncier est peu perceptible dans les pratiques des cabinets de géomètres-experts qui pour certains sont réticents¹⁸. C'est le cas de l'opération de bornage et de reconnaissance des limites. Pour rappel, il s'agit de l'opération juridique de délimitation de deux fonds de terres contigus. Il consiste à déterminer par des marques apparentes (les bornes), la limite séparative de deux propriétés¹⁹. Selon l'article 646 du Code civil : « *Tout propriétaire peut obliger son voisin au bornage de leurs propriétés contiguës. Le bornage se fait à frais communs* ». Cette opération peut être réalisée de façon amiable ou judiciaire en cas d'échec d'une procédure amiable. Dans cette étude, nous nous intéresserons essentiellement à la procédure amiable. Comme le précise une étude juridique²⁰, cette opération est réalisée de façon contradictoire. Une autre étude évoque d'ailleurs la notion de « bornage conventionnel »²¹, par conséquent, elle fait l'objet d'un contrat appelé procès-verbal de bornage soumis à la signature de l'ensemble des propriétaires concernés. En tant que contrat, le procès-verbal de bornage doit respecter les

¹¹ IGN, *La photogrammétrie*, ign.fr consulté le 12/05/2023

¹² Aimé Laussedat est considéré comme l'inventeur de la photogrammétrie en 1848. POLIDORI L, *Aimé Laussedat (1819-1907), le précurseur de la photogrammétrie*, *Géomètre*, 2019, pages 46-47

¹³ POLIDORI L, *Des nouveaux moyens et des opportunités*, *Géomètre*, 2016, pages 32-42

¹⁴ GRUSSENMEYER P et LANDES T, 2011, *Lasergrammétrie Terrestre*, Cahiers de Géographie, Collection EDYTEM, pages 11-28

¹⁵ RAVELET M, « Un monopole en 3D, *Géomètre* », 2016, page 14

¹⁶ *Idem*

¹⁷ Article 1 de la Loi du 7 mai 1946 instituant l'ordre des géomètres-experts

¹⁸ MAYO M, « La 3D change les perspectives, *Géomètre* », 2021, pages 10-11

¹⁹ Définition du bornage, *Lexique des termes juridiques 2020-2021*, Dalloz

²⁰ ATIAS C et GRIMONPREZ B, « Bornage », *Répertoire de droit immobilier Dalloz*, 2016 (actualisé en 2019)

²¹ CLAUDET L et ad. « Bornage conventionnel », *Formulaires Pro acta Droit immobilier, vente d'immeuble et opération d'aménagement*, Lamyline, Mise à jour en mai 2020

principes nécessaires à sa validité qui selon l'article 1128 du Code Civil sont : le consentement des parties, la capacité des parties à contracter et le contenu licite et certain. L'un des éléments les plus importants de ce procès-verbal est le plan de bornage issu des mesures réalisées depuis une station-totale et rattaché à un système de référence national. Cependant, il apparaît que cette méthode est limitée dans certaines situations. De plus, le plan de bornage pose parfois des difficultés de compréhensions qui résultent en grande partie du repérage des lieux et de la représentation des limites²². C'est pourquoi, le géomètre-expert se retrouve parfois face à des situations de bornages plus difficiles à appréhender. De nombreux travaux de fins d'études²³ et des ouvrages comme *Le pixel et la balance*²⁴ suggèrent alors que l'utilisation d'une représentation plus concrète de la réalité, comme des photographies, favoriserait la compréhension du plan de bornage. Mais, alors que le Code civil dit : « *La propriété du sol emporte la propriété du dessus et du dessous* »²⁵ et que par conséquent, le droit définit la propriété, non pas comme une surface, mais comme un volume, ne pouvons-nous pas entrevoir la possibilité d'utiliser une représentation en 3D plus concrète qu'un plan de bornage afin de mieux comprendre les limites de propriété ? La technologie évoluant sans cesse, notamment avec le développement du BIM²⁶ qui a permis la création de plateforme de partage collaborative. Nous disposons désormais d'outils numériques qui doivent permettre d'améliorer le travail du géomètre-expert. C'est le cas de la maquette numérique. Celle-ci est définie comme étant un « *avatar de l'immeuble réel* »²⁷, elle propose une représentation 3D à laquelle on peut associer de la donnée. Elle peut donc fournir plus d'informations à son lecteur, s'inscrire dans le courant dématérialisation et contribuer à la pérennisation des limites de propriété.

Ainsi, ce contexte général, formé par les limites de la méthode traditionnelle pour certaines opérations de bornage et l'ère digitale dans laquelle nous vivons, montre des opportunités de plus en plus marquées pour l'utilisation de la maquette numérique pour des bornages ciblés pour lesquels l'usage de la maquette numérique est pertinent (I). Néanmoins, il existe des obstacles à une démocratisation de cette pratique pouvant être franchis (II).

²² C. Civ, Art. 552

²³ Travaux de fin d'études B. VARIN, M. DURAND, C. BATTISTELLA ...

²⁴ BOTREL E et POLIDORI L, *Le pixel et la balance*, 2020, Lexis Nexis

²⁵ C. Civ, Art. 552

²⁶ « *Le BIM est une méthode de travail basée sur la collaboration autour d'une maquette numérique MN en 3D composée de données, avatar d'un immeuble réel.* » RICHARD D, *Le droit du BIM*, 2020, LexisNexis, page 15

²⁷ *Idem*

I Des opportunités de plus en plus marquées pour l'utilisation de la maquette numérique pour des bornages ciblés

Des nouvelles technologies apparaissent chaque jour et offrent des opportunités pour faciliter le travail du géomètre-expert. Ces opportunités permettent de concevoir des nouvelles méthodes pour des bornages difficiles à appréhender (I.1) auxquels une technologie comme la maquette numérique peut apporter une valorisation (I.2) et qui peut être facilement partagée grâce à des processus innovants (I.3).

I.1 L'appréhension des situations de bornage complexes facilitée par de nouveaux moyens d'acquisition et de représentation maîtrisés et sûrs

Anticiper le choix de la méthode employée pour une opération de bornage est une action importante pour le géomètre-expert, même si la plupart du temps, il s'adapte à la situation qui se présente à lui. Pourtant, certains bornages plus difficiles à traiter par la méthode traditionnelle (I.1.1) seraient facilités avec une approche plus moderne utilisant des moyens d'acquisitions 3D (I.1.2).

I.1.1 Des situations difficiles pour définir la limite de propriété avec la méthode traditionnelle

Le bornage présente parfois des difficultés qui montrent les limites du levé par méthode traditionnelle²⁸. On distingue plusieurs sources liées à ces difficultés, la première est le milieu urbain densément bâti (I.1.1.1), la deuxième est issue des éléments complexes qui permettent la définition des limites de propriétés (I.1.1.2), enfin la troisième est le risque d'accident auquel le géomètre s'expose dans ces situations (I.1.1.3). Dans ces cas précis, outrepasser la méthode traditionnelle serait une bonne opportunité.

I.1.1.1 Le milieu urbain, première source de difficulté pour le levé des parcelles à border

Il apparaît que le milieu urbain rend plus difficile le levé des parcelles à border. En effet, on observe des villes de plus en plus denses, où l'accès aux propriétés est contraint par les propriétés avoisinantes. La visibilité est restreinte par les bâtiments, les murs séparatifs et la végétation, rendant plus difficile le levé par méthode traditionnelle. La démographie en

²⁸ Dans cette étude, on qualifie de méthode traditionnelle, le levé avec une station totale rattaché par méthode GNSS

secteur urbain ne cesse d'augmenter. Selon l'INSEE, les villes²⁹ regroupaient en 2020 près de 79,2 % de la population contre 78,5 % en 2010, soit 2,8 millions d'habitants supplémentaires³⁰. Cette croissance démographique dans les agglomérations est principalement due aux politiques d'urbanisme qui, d'abord dans une logique d'harmonisation du territoire puis pour répondre aux enjeux climatiques actuels, prônent la densification des villes³¹, l'économie d'espace³² et à terme la zéro artificialisation nette en 2050³³. Ce sont des situations qui ne sont pas exceptionnelles et qui vont se multiplier. Or, lors du levé pour une opération de bornage, il est souvent nécessaire de mesurer des éléments depuis l'extérieur de la propriété tels que les épaisseurs de murs, les débords de toitures, les angles de bâtiment. Pour ce faire, l'environnement dans lequel le géomètre opère doit être facile d'accès, c'est-à-dire que l'opérateur doit être capable de se mouvoir avec son matériel dans et autour de la propriété afin de sélectionner les positions depuis lesquelles il souhaite effectuer ses mesures. Il doit également bénéficier d'une bonne visibilité sur les éléments à relever. De même, le cheminement polygonal³⁴ sur lequel repose le levé requiert également une bonne visibilité entre les stations. Une densité importante de bâtiments contribue donc à limiter la visibilité et l'accessibilité des propriétés. Un mémoire de fin d'études³⁵ soulignait d'ailleurs le défi que représentait un levé avec des contraintes de contiguïté des bâtiments ainsi qu'une visibilité restreinte dans le cadre d'une mission de détermination des limites foncières et précisait que l'imbrication des bâtiments et des murs en milieu urbain a nécessité l'utilisation d'autres méthodes d'acquisition comme le scanner 3D. C'est pourquoi, le contexte urbain densément bâti suggère l'utilisation d'autres méthodes favorisant l'accessibilité et la visibilité, notamment de certains éléments complexes représentant un enjeu pour la définition de la limite de propriété.

I.1.1.2 La représentation difficile des éléments complexes représentant un enjeu pour la définition de la limite de propriété

Certains éléments complexes représentent un enjeu sur le positionnement de la limite. C'est le cas des murs, des clôtures, des fossés et des haies dont l'appartenance va influencer sur la

²⁹ Selon l'INSEE, une ville est une agglomération regroupant plus de 2000 habitants

³⁰ INSEE, *Toujours plus d'habitants dans les unités urbaines*, disponible sur : <https://www.insee.fr>, consulté le 27/06/2023

³¹ Loi du 13 décembre 2000 relative à la Solidarité et au Renouveau urbain.

³² Loi du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové

³³ Loi du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ses effets

³⁴ En topographie, un cheminement polygonal définit la ligne brisée formée par les sommets connus en coordonnées depuis lesquels le géomètre effectue ses mesures avec une station totale.

³⁵ LECLERCQ B, 2017, *Transformation numérique et détermination des limites foncières, une plus-value pour la profession ?* Mémoire Géomètre-Expert DPLG.

position de la limite. Cependant, ils sont parfois difficiles à représenter et à situer sur le plan de bornage. En milieu urbain, ce sont principalement les murs qui illustrent le mieux cette affirmation, en témoigne le schéma en figure 1 ci-dessous qui montre que l'appartenance d'un mur va définir la position de la limite.

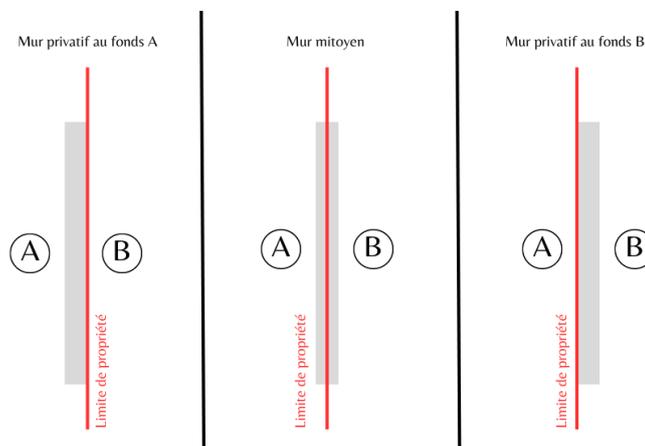


Figure 1 : Position de la limite selon l'appartenance d'un mur (production personnelle)

Ainsi, le bornage oblige le géomètre-expert à s'intéresser à la nature privative ou mitoyenne³⁶ des éléments qui clôturent le fonds à borner. Il faut savoir que : « *Dans les villes et les campagnes, tout mur servant de séparation entre bâtiments jusqu'à l'héberge, ou entre cours et jardins, et même entre enclos dans les champs, est présumé mitoyen s'il n'y a titre ou marque du contraire* »³⁷. De plus, la délibération du Conseil supérieur de l'OGÉ du 5 mars 2002 valant règles de l'art³⁸ indique que : « *Les plans, procès-verbaux de bornage, descriptifs et tout document dressés et établis par un Géomètre-Expert doivent être exempts de toute équivoque sur la représentation, la qualification et le repérage des limites qui y figurent ou y sont décrites.* » Il en découle que, les situations décrites dans un PVBN doivent être illustrées sur le plan de bornage afin qu'aucun doute ne subsiste sur la définition de la limite de propriété. La définition des limites de propriétés est justifiée dans un paragraphe du PVBN rédigé par le géomètre-expert que l'on nomme « Analyse Expertale » et dont un exemple est présenté en figure 2.

Article 5 : Définition des limites de propriétés

Analyse expertale et synthèse des éléments remarquables :

La propriété à borner est entièrement close.

Concernant la limite figurant entre les points A et B sur le plan de bornage annexé, le mur séparatif des deux habitations situé entre les propriétés cadastrées section AL n°11 et AL n°12 est l'élément remarquable pour la définition de la limite. Ce mur est mitoyen jusqu'à l'héberge la plus basse à laquelle il faut ajouter une bande de 16.5cm de haut correspondant au solin conformément aux usages issus de la coutume de Paris. La partie du mur, située au-dessus, est privative à la parcelle cadastrée AL n°11, comme figuré sur le plan d'héberges annexé.

Figure 2 : Extrait PVBN (source : ab associés)

³⁶ Mitoyenneté : « état d'un bien sur lequel 2 voisins ont un droit de copropriété et qui sépare des immeubles nus ou construits, contigus », Lexique des termes juridiques 2020-2021, Dalloz

³⁷ C.Civ, Art. 653

³⁸ OGE, 2002, Délibération du conseil supérieure de l'OGÉ valant règles de l'art

Dans l'exemple d'analyse expertale présenté ci-dessus, la mitoyenneté du mur est définie 16,5 centimètres au-dessus de l'héberge. Sur un mur séparant deux bâtiments contigus de hauteur inégale, l'héberge est « la ligne formée par la partie supérieure de la construction la moins élevée et jusqu'à laquelle le mur est mitoyen »³⁹. Or, on constate, à travers cette définition, que celle-ci fixe une limite altimétrique à la mitoyenneté. Ainsi, un mur partiellement mitoyen ne peut être illustré par une vue du dessus, une vision verticale des lieux est nécessaire. C'est pourquoi, les géomètres-experts utilisent des plans d'héberges associés au plan de bornage qui illustrent jusqu'où la mitoyenneté s'arrête conformément à la description faite dans l'analyse et dont une situation est schématisée en figure 3.

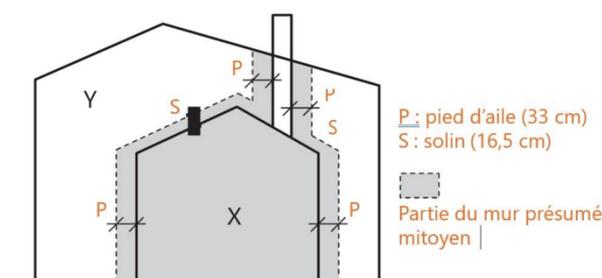


Figure 3 : Schéma illustrant la mitoyenneté partielle entre deux bâtiments (source : OGE)

Dans le schéma ci-dessus, l'emprise de la partie mitoyenne entre le bâtiment X et le bâtiment Y s'étend au-delà de la limite d'héberge de 16,5 centimètres en hauteur et de 33 centimètres en largeur lorsque l'un des bâtiments est plus large que l'autre conformément à la coutume de Paris. Dès lors que l'on a recours à ce type de représentation, on observe les limites de la représentation planimétrique qui à elle seule ne permet pas d'illustrer toutes les situations de mitoyenneté qui doivent apparaître sur un plan de bornage. C'est pourquoi, modéliser en 3D ces situations permettrait d'illustrer une situation dans sa globalité sans avoir recours à plusieurs représentations. De plus, comme pour la mitoyenneté, la définition de la non-mitoyenneté s'appuie sur des éléments (chaperons, plans inclinés, corbeaux, filets de pierres ...) ⁴⁰ dont les formes varient, les rendant difficilement représentables sur une vue en plan. Face à ces situations, les géomètres ont coutume d'utiliser des photographies afin de les illustrer de façon plus réaliste. D'ailleurs, un travail de fin d'étude ⁴¹ montre qu'un peu plus de la moitié des géomètres-experts interrogés dans son enquête intègrent des photographies à leurs actes fonciers et que cela améliore généralement la compréhension des propriétaires.

³⁹ GUINCHARD S et ad., Lexique de termes juridiques 2020-2021, Dalloz

⁴⁰ C. Civ. Art. 654, « Il y a marque de non-mitoyenneté lorsque la sommité du mur est droite et à plomb de son parement d'un côté, et présente de l'autre un plan incliné. Lors encore qu'il n'y a que d'un côté ou un chaperon ou des filets et corbeaux de pierre qui y auraient été mis en bâtissant le mur. Dans ces cas, le mur est censé appartenir exclusivement au propriétaire du côté duquel sont l'égoût ou les corbeaux et filets de pierre. »

⁴¹ Battistella C, 2022, Le plan de bornage : quelle différence de compréhension par les propriétaires selon les méthodes employées, Mémoire Ingénieur ESGT, Le Mans, 81 pages

En définitive, le recours aux plans d'héberges ainsi qu'aux photographies montre deux besoins essentiels pour la bonne compréhension d'une situation lors d'un bornage : Voir dans une autre dimension et avoir une vision plus concrète. Tous ces éléments de complexité se répercutent aussi sur la durée de l'opération, que cela soit sur le temps consacré au levé et sur le temps consacré à l'établissement du plan de bornage. Au-delà de ces heures supplémentaires, le géomètre s'expose aussi à des risques lors de ce type de bornage.

I.1.1.3 Les problèmes de sécurité entourant certaines interventions par méthode traditionnelle de relevé

Une propriété qui présente des difficultés d'accès et de visualisation, contraint parfois le géomètre à s'exposer à des risques. En effet, certaines situations de bornage, et en particulier celles décrites précédemment, nécessitent d'accéder à des toitures, des sommets de murs comme l'illustre les images présentées en annexe⁴². Le géomètre s'expose donc à un risque de chute particulièrement accidentogène. En France, selon l'Assurance Maladie, les chutes de hauteur et les chutes de plain-pied sont à l'origine de 20 % des accidents du travail, soit 126 000 accidents par an⁴³. Ce risque peut être augmenté par la manipulation de matériels lourds et encombrants. D'après les caractéristiques techniques fournies sur les sites des revendeurs de matériels topographiques, une station totale pèse environ 5 kilogrammes et un trépied environ 7 kilogrammes⁴⁴, ce qui représente une charge importante pour l'opérateur. Dans d'autres situations, une végétation dense contribue également à augmenter les risques de chute, de blessures avec les branches. La sécurité des personnels devant être assurée par l'employeur⁴⁵, il est important pour les géomètres-experts de considérer des méthodes garantissant la sûreté de ses collaborateurs comme des moyens d'acquisitions à distance. Enfin, la figure 4 ci-après résume la caractérisation des bornages complexes :

⁴² Voir Annexe 1

⁴³ Assurance Maladie, Chutes : un risque professionnel sous-estimé, disponible sur : <https://www.ameli.fr/entreprise/sante-travail/risques/chutes/risque-sous-estime> consulté le 05/06/2023

⁴⁴ Geomesure, geomesure.com consulté le 4/06/2023

⁴⁵ C. trav. art. L4121-2

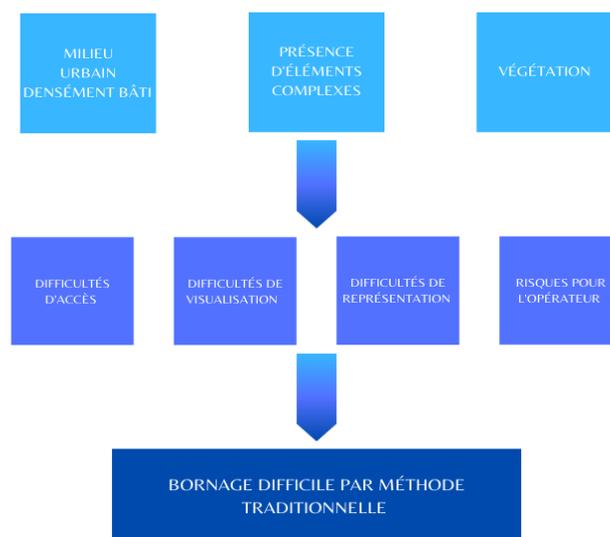


Figure 4 : Schéma de caractérisation d'un bornage complexe (production personnelle)

I.1.2 La photogrammétrie et la lasergrammétrie : des techniques facilitant le travail du géomètre et permettant une restitution réaliste des lieux en 3D

Face à ces situations complexes rencontrées lors d'opération de bornage, les nouveaux outils d'acquisition seraient en mesure d'apporter des réponses. La visualisation, la sûreté et l'accessibilité pourraient être améliorées par la photogrammétrie par drone, la détection des éléments complexes pourrait être facilitée par le scanner 3D. Enfin, la mise en œuvre générale serait plus efficace.

L'acquisition par photogrammétrie aérienne fait partie des méthodes de télédétection, elle permet donc d'effectuer des mesures à distance depuis les airs. Les drones ou aéronefs sans personne à bord ont contribué au renouveau de la photogrammétrie en rendant plus accessible la prise de vue aérienne⁴⁶. Ses capacités font des drones un outil d'acquisition rapide et plus sûr face aux risques liés au



Figure 5 : dji Phantom 4 RTK (source : dji)

travail en hauteur⁴⁷. Il solutionne aussi la problématique d'accès aux propriétés voisines sans tenir compte des emplois du temps des riverains⁴⁸ puisque, comme il a été évoqué plus tôt, il est parfois nécessaire d'accéder aux propriétés riveraines pour relever des éléments indispensables à la détermination de la limite de propriété. La présence du propriétaire est donc nécessaire, la prise de vue aérienne permet donc un accès libre sans qu'il soit présent. Il faudra néanmoins

⁴⁶ POLIDORI L, *Des nouveaux moyens et des opportunités*, Géomètre, 2016, pages 32-42

⁴⁷ MAYO M, *BIM en réhabilitation : l'atout drone*, Géomètre, 2017, pages 12-15

⁴⁸ *Idem*

demander son accord⁴⁹. Enfin, il est léger et facile d'utilisation, cela améliore les conditions de travail du technicien⁵⁰. De son côté, bien qu'ayant des caractéristiques physiques et techniques similaires à une station totale, la lasergrammétrie terrestre par scanner 3D permet d'acquérir des millions de points très rapidement⁵¹. Le scanner 3D est également plus facile



Figure 6 : Trimble X7 (source : geomesure)

à installer puisqu'il nécessite une verticalisation approximative et permet de se tenir à distance de l'appareil pendant qu'il effectue les mesures, il est donc plus sûr. Celui-ci facilite la détection des irrégularités des surfaces, des variations des épaisseurs des murs. Un travail⁵² l'illustre parfaitement, dans un exemple pratique

sur le chantier naval de la SNSM à Saint Malo, le nuage de point résultant des mesures effectuées au scanner 3D a permis de distinguer les variations d'épaisseurs de murs ainsi que leurs imbrications, permettant ainsi une meilleure analyse quant à l'appartenance de ces derniers qui comme nous avons pu le préciser auparavant⁵³ à une importance sur la définition de la limite. Nous concernant, d'un point de vue opérationnel, nous avons, dans le cadre du bornage contradictoire du périmètre de l'unité foncière composée des parcelles cadastrées AL 12 et AL 75 situées 42 Quai Saint-Laurent à Orléans, réalisé deux levés à l'aide du drone et du scanner 3D présentés dans les figures 5 et 6. Ce dossier répond aux caractéristiques évoquées précédemment⁵⁴. Leur mise en œuvre a été assez simple et rapide. Comme en témoigne le tableau 1 ci-dessous, l'utilisation de ces techniques représente un gain de temps significatif sur le terrain.

Méthode d'acquisition	Temps
Drone	10 minutes de vol
Scanner 3D	1 h 30 minutes d'acquisition
Station totale	8 h de levé

Tableau 1 : Temps d'acquisitions du levé Quai Saint-Laurent par différentes méthodes

⁴⁹ Voir infra II.1.1

⁵⁰ POLIDORI L, *Des nouveaux moyens et des opportunités*, Géomètre, 2016, pages 32-42

⁵¹ Un scanner 3D dispose d'un capteur motorisé lui permettant d'acquérir des milliers de points par seconde. Selon le paramétrage choisi (distance aux objets, résolution, couleurs), un scan du Trimble X7 dure entre 1 minutes et 30 secondes à 15 minutes.

⁵² LECLERCQ B, 2017, *Transformation numérique et détermination des limites foncières, une plus-value pour la profession ?* Mémoire Géomètre-Expert DPLG.

⁵³ Voir supra § I.1.2

⁵⁴ Voir supra § I.1.1

Les acquisitions ont permis d'obtenir des nuages de points qu'on qualifie de « clones numériques »⁵⁵. Ces derniers permettent la parfaite visualisation du site et de ces éléments complexes. La mise en place de sept cibles levées au GNSS a permis le rattachement des nuages de points résultants au système de coordonnées RGF93-CC48⁵⁶. Nous pouvons remarquer que la photogrammétrie par drone a permis d'obtenir un nuage de points plus complet puisque le point de vue aérien offre une très bonne vision des épaisseurs de murs et des toitures. Ces nuages peuvent certes constituer un outil de contrôle qui permet de vérifier des côtes et d'avoir une visualisation du site dans son ensemble. Mais, il constitue surtout un support à la modélisation d'une maquette numérique géoréférencée⁵⁷ qui pourrait illustrer d'une nouvelle manière les situations de bornages ciblées précédemment⁵⁸.

I.2 La maquette numérique, un outil valorisant l'activité de bornage pouvant devenir un « acte foncier 3D »

Lorsque l'on s'intéresse à la maquette numérique, on constate qu'il s'agit d'un outil capable de répondre aux enjeux du bornage et qui pourrait même surpasser l'actuel plan de bornage et donc valoriser cette opération. Cette hypothèse permettrait également de considérer la maquette numérique de bornage comme le premier « acte foncier 3D ». En effet, le développement du BIM ces dernières années a fait s'accroître de façon considérable l'utilisation des maquettes numériques, faisant d'elles des outils modernes. Bien qu'étant étroitement liées, y compris en termes d'innovations, les notions de BIM et de maquette numérique sont à distinguer⁵⁹. L'usage d'une maquette numérique dans d'autres problématiques, y compris des problématiques foncières (I.2.1) suggère qu'elle est un outil idéal pour poursuivre la dématérialisation de l'acte foncier (I.2.2) et qu'elle favorise la compréhension des propriétaires (I.2.3).

I.2.1 La maquette numérique : un outil aux multiples usages en plein essor

La maquette numérique est un outil en plein essor qui s'est développée avec le BIM, elle peut apporter des solutions dans diverses problématiques, notamment pour illustrer des problématiques de division foncière, mais aussi envisager la constructibilité d'immeuble nouveau en accord avec les règles d'urbanisme.

⁵⁵ CHARDEAUX A, Le clone numérique et le droit, RTD Com, 2020, page 13

⁵⁶ L'annexe n° présente le résultat de la consolidation et du géoréférencement du nuage de points obtenu avec le scanner 3D Trimble X7.

⁵⁷ Annexe n°2 : Notice Géoréférencement d'une maquette Revit

⁵⁸ Voir supra § I.1.1

⁵⁹ Voir infra § I.2.1

Depuis plusieurs années, le secteur de la construction se tourne vers le BIM qui rappelons-le « *est une méthode de travail basée sur la collaboration autour d'une maquette numérique en 3D composée de données, avatar d'un immeuble réel.* »⁶⁰. Cette méthode est fortement encouragée par des initiatives gouvernementales telles que le Plan de transition numérique du bâtiment et Plan BIM 2022 qui visent à généraliser la pratique du BIM en France. Même si l'étude proposée ne s'intéresse pas au BIM dans le sens de la méthode de travail collaborative, elle s'en approche avec l'utilisation d'une maquette numérique. Les géomètres-experts, par l'intermédiaire de leur syndicat, l'UNGE⁶¹ et de l'OGE⁶² portent d'ailleurs un intérêt pour cette notion. Bien qu'elle ne soit pas encore exploitée par tous les cabinets, certains ont développé un usage de la maquette pour certaines problématiques foncières. C'est ce que propose « *le volume juridique capable* »⁶³ qui permet la modélisation de la volumétrie maximale à bâtir sur une parcelle selon les contraintes des différents documents d'urbanisme. Or, ces contraintes s'appliquent par rapport aux limites de propriété qui ont été fixées antérieurement. L'idée de proposer une maquette numérique illustrant les limites de propriété est donc une occasion de nourrir ce procédé déjà existant. Les autres initiatives sont en grande partie issues de travaux de fins d'études, tels que l'intégration de données de divisions en volumes dans la maquette numérique⁶⁴ ou encore l'intégration de données foncières dans le nuage de points⁶⁵. *Le pixel et la balance*⁶⁶ évoque également l'usage du nuage de point comme représentation de la réalité afin d'illustrer les missions de bornage. Ainsi, ces études suggèrent que l'usage de la maquette numérique pour le bornage est une bonne opportunité. Alors qu'il était majoritairement une action permettant de résoudre les conflits de voisinage⁶⁷, le bornage est devenu aujourd'hui une étape nécessaire à l'acte de construire⁶⁸. Utiliser la maquette numérique pour le bornage est donc une initiative

⁶⁰ RICHARD D, Le droit du BIM, 2020, Lexisnexis, page 15

⁶¹ L'UNGE fait partie du comité de pilotage du Plan BIM 2022

⁶² L'OGE a financé la thèse de MACHER Hélène, 2017, *Du nuage de points à la maquette numérique de bâtiment : reconstruction 3D semi-automatique de bâtiments existants*

⁶³ GEXPERTISE, gexpertise.fr, consulté le 19/06/2023

⁶⁴ RICHARD D, Le droit du BIM, 2020, Lexisnexis, page 15

⁶⁵ FARDEAU F, 2018, Étude de la plateforme E-Cassini : de l'intégration de nuages de points à la représentation de la donnée foncière, Mémoire Ingénieur ESGT Le Mans, 64 pages

⁶⁶ BOTREL E et POLIDORI L, *Le pixel et la balance*, 2020, Lexis Nexis

⁶⁷ MAZUYER F, De la résolution à la prévention de conflit, Recueil des normes ordinales de l'OGE

⁶⁸ Le Code de l'urbanisme précise que : « *Toute promesse unilatérale de vente ou d'achat, tout contrat réalisant ou constatant la vente d'un terrain indiquant l'intention de l'acquéreur de construire un immeuble à usage d'habitation ou à usage mixte d'habitation et professionnel sur ce terrain mentionne si le descriptif de ce terrain résulte d'un bornage.*

Lorsque le terrain est un lot de lotissement, est issu d'une division effectuée à l'intérieur d'une zone d'aménagement concerté par la personne publique ou privée chargée de l'aménagement ou est issu d'un remembrement réalisé par une association foncière urbaine, la mention du descriptif du terrain résultant du bornage est inscrite dans la promesse ou le contrat. ». C. urb, art L115-4

qui peut s'inscrire à l'avenir dans un processus BIM. De plus, si l'on observe la finalité de certaines opérations qui ont nécessité un bornage, on remarque que la maquette numérique peut avoir un apport supplémentaire pour le dossier⁶⁹. En effet, il n'est pas rare que le bornage ne soit pas le seul travail demandé au géomètre par le client. Un des dossiers étudiés demandait, par exemple, la réalisation d'un bornage amiable ainsi que l'établissement de plans d'intérieurs. Or, ces derniers peuvent être directement générés depuis la maquette numérique. Même si cela nécessite un relevé 3D plus complet, l'utilisation d'un seul outil d'acquisition et de représentation permet de gagner en efficacité et invite les géomètres à penser en 3D pour créer par la suite des livrables en 2D. La maquette numérique est donc une pratique qui permet plusieurs applications à partir d'un seul outil. Pour l'heure, la mise en œuvre d'une maquette numérique destinée à illustrer la délimitation d'un fonds lors d'une opération de bornage que l'on peut appeler « maquette numérique de bornage » doit être destinée à contribuer au courant de dématérialisation dans lequel les géomètres-experts se sont engagés et à améliorer la compréhension des propriétaires lors des cas complexes décrits précédemment.

I.2.2 La maquette numérique : un outil contribuant à la dématérialisation de l'acte foncier

La maquette numérique est un modèle entièrement dématérialisé. Elle peut donc contribuer au processus de dématérialisation des actes fonciers dans lequel les géomètres-experts se sont engagés depuis de nombreuses années. Au-delà de sa contribution à ce processus, la maquette numérique favorise la pérennisation des limites de propriété qui est le principal objectif de la dématérialisation pour les géomètres-experts. L'un des principaux objectifs de la dématérialisation de l'acte foncier est la pérennisation. Autrefois, « *tant qu'il y avait une stabilité de la propriété foncière qui restait de longues années parfois plusieurs générations dans la même famille, l'existence et la position des bornes même anciennes étaient connues des membres de la famille, et la pérennité de la limite découlait directement de cette transmission orale du savoir* »⁷⁰. Cette citation exprime l'importance de la transmission des informations sur l'existence, la nature et la position des limites de propriété. Cette transmission était uniquement orale et était favorisée par la conservation de la propriété dans une même famille. Or, le changement de mode de vie des populations à vue s'accroître la

⁶⁹ Cette idée s'appuie sur l'étude de dossiers traités par l'entreprise d'accueil, qui montre que le bornage n'est souvent pas le seul travail demandé au géomètre-expert lors de sa mission.

⁷⁰ MAZUYER F, De la résolution à la prévention de conflit, Recueil des normes ordinales de l'OGE, 2023.

mobilité des personnes et les mutations foncières associées. Le besoin de pérennisation des limites de propriété est devenu alors grandissant. Le numérique a fortement contribué à répondre ce besoin en limitant la perte d'information et la rendant plus facilement transmissible. A l'échelle du patrimoine culturel et architectural, la modélisation en 3D a permis d'obtenir une représentation qualifiée de « véritable clone numérique » garantissant la pérennité, l'accès aux données et le partage au public de sites remarquables parfois menacés⁷¹. C'est le cas des grottes ornées, comme celle de Lascaux dont les peintures préhistoriques, ont été altérées à cause d'une exploitation touristique intensive. Celle-ci a fait l'objet de plusieurs campagnes de numérisation par lasergrammétrie qui ont permis les études scientifiques en vue de sa conservation et le partage du site au public, notamment par un visite virtuelle⁷² dont un extrait est présenté en figure 7. Tout comme les sites remarquables, certaines limites apparentes qui sont des indices pour la

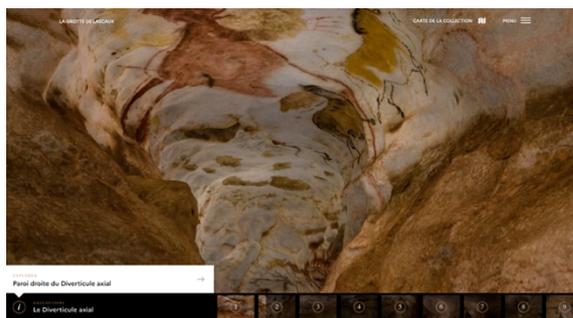


Figure 7 : Extrait de la visite virtuelle de la grotte de Lascaux (source : ministère de la Culture)

détermination des véritables limites⁷³ sont parfois amenées à disparaître, il peut s'agir d'anciens murs partiellement effondrés, d'anciennes clôtures... Afin de ne pas perdre trace de leur existence, il semble judicieux de transposer ce qui est fait pour le patrimoine culturel vers le patrimoine privé des personnes. De plus, les propriétaires ont parfois une méconnaissance de leurs propriétés, il est fréquent lors d'un bornage qu'ils ne se rendent pas au rendez-vous contradictoire en raison de leur éloignement à la propriété. Cela peut être un éloignement physique puisque des propriétaires se trouvent parfois à des centaines voire des milliers de kilomètres, mais aussi un éloignement « administratif » car il peut s'agir de propriétés issues de successions ou gérées par des agences immobilières. La maquette va donc offrir à ces propriétaires un aperçu réaliste, accessible à distance⁷⁴ et qui leur permettra d'avoir un état de la situation actuelle des lieux. Avec la pandémie du covid-19, le télétravail s'est fortement développé, principalement grâce à la visioconférence, un outil que toute personne a appris à maîtriser, que cela soit dans le cercle professionnel avec le recours au télétravail ou dans le cercle privé pour garder le contact avec ses proches. Celle-ci permet

⁷¹ CHARDEAUX A, *Le clone numérique et le droit*, RTD Com, 2020, page 13

⁷² Ministère de la Culture, La grotte de Lascaux, disponible sur : <https://archeologie.culture.gouv.fr/lascaux/fr>, consulté le 04/07/2023.

⁷³ On qualifie de « véritables limites », les limites fixées par l'opération de bornage.

⁷⁴ Voir *infra* § I.3

d'imaginer le futur de l'acte foncier dématérialisé avec une réunion contradictoire à distance à partir d'un nuage de points comme lieu d'échange. Cette idée, évoquée dans un travail de fin d'études⁷⁵, est actuellement en projet chez Géofoncier avec le développement de la plateforme PRESTIGE (Portail d'Excellence d'un Système Territorial Interopérable du Géomètre-Expert) qui devrait voir le jour en 2024⁷⁶. L'avenir du bornage dématérialisé utilisant une représentation en 3D semble se dessiner. Même si elle en a la capacité, notre maquette ne constitue pas pour le moment le support d'une réunion contradictoire dématérialisée. Elle est dans cette étude plutôt destinée à devenir un acte foncier 3D favorisant la compréhension des propriétaires.

I.2.3 La maquette numérique : un outil favorisant la compréhension du bornage

La maquette numérique est capable d'améliorer la compréhension des propriétaires qui est l'un des principaux enjeux pour finaliser le bornage amiable. Comme le soulignait un Géomètre-Expert dans un article : « *l'homme est fait pour comprendre la 3D* »⁷⁷. Dès lors que la perception du monde qui nous entoure est en 3D, cette affirmation se justifie complètement.

Tout d'abord, il est primordial d'indiquer qu'un PVBN signé à partir de la maquette est parfaitement valable, en effet, la loi n'impose aucune forme au bornage, celui-ci est effectif quel que soit la forme de la convention qui justifie de l'accord des parties⁷⁸. Ainsi, dès l'instant où la convention établie entre les propriétaires respecte les principes du droit des contrats qui pour rappel sont le consentement des parties, la capacité des personnes à contracter et le contenu licite et certain, le bornage est valable⁷⁹. Cependant, le travail du géomètre-expert étant de garantir la délimitation proposée, il est important de montrer que la maquette numérique favorise la compréhension du bornage. En effet, la représentation réaliste que propose la maquette numérique va permettre au lecteur de comprendre une situation comme s'il était sur place. De plus, en constituant le support graphique des informations sur les limites de propriété, elle peut devenir un véritable « acte foncier 3D ». Au même titre qu'il est difficile à traiter pour le géomètre, le bornage est quelques fois

⁷⁵ GUILLAUME M, 2017, Évolution du bornage contradictoire : du terrain au tout numérique, Mémoire Master Foncier Le Mans, 114 pages

⁷⁶ Entretien avec M. BEZARD FALGAS Directeur général de la SAS Géofoncier

⁷⁷ Propos de LLORCA G recueillis par RAVELET M, « *Un monopole en 3D* », Géomètre, juin 2016, n°2137, p.14-15

⁷⁸ OGE, Recueil des normes ordinaires, Délibération du conseil supérieur du 5 mars 2002

⁷⁹ Dans leur ouvrage, BOTREL E. et POLIDORI L. indique qu'en ayant la qualification de contrat, le bornage est soumis notamment au principe de liberté contractuelle permettant à la maquette numérique d'intégrer la procédure de bornage.

difficile à comprendre pour les propriétaires. La maquette numérique peut alors résoudre ces problèmes d'incompréhension. Pour prendre son caractère définitif, le bornage doit être réalisé de manière contradictoire, constaté par un procès-verbal qui est signé par toutes les parties⁸⁰. Le procès-verbal de bornage est l'élément central dans lequel doit figurer l'ensemble des éléments ayant amené à la définition de la limite. Par conséquent, le bornage est une opération de synthèse auquel le procès-verbal est l'outil rédactionnel et le plan de bornage l'outil graphique. En 2022, un mémoire de fin d'études⁸¹ démontrait que la compréhension du plan de bornage était souvent difficile. Il ressortait de son enquête que le repérage des lieux ainsi que la représentation des limites figurent parmi les principales sources d'incompréhension. Comme il a été expliqué précédemment⁸², pour y répondre, les géomètres multiplient les informations tendant à améliorer la compréhension du plan (légendes, plan d'héberge, photographies). Cependant, la 2D limite la capacité à représenter une quantité d'information importante et même s'il est possible de fournir un plan très complet aux propriétaires, cela rend plus difficile sa lecture. La maquette numérique, qui rappelons le, offre un rendu en 3D plus réaliste, permet aussi de représenter plus d'informations. Selon une thèse dédiée à la maquette numérique⁸³, « *Une maquette numérique n'est pas uniquement une représentation géométrique 3D, car en plus de la géométrie des éléments du bâtiment, la catégorie d'objet et les propriétés matérielles de chaque élément ainsi que la relation entre les différents éléments sont renseignées. Ainsi une maquette numérique combine à la fois des informations géométriques et des informations sémantiques et confère une intelligence aux objets.* » Cette définition peut être complétée en précisant que la maquette numérique dispose d'autant de dimension que de niveau d'information qu'on souhaite présenter⁸⁴. Notre étude suppose que la maquette pourrait se substituer au plan de bornage et par conséquent devenir un véritable acte foncier. L'étape de modélisation est donc primordiale. Cet acte doit reprendre ce qui fait la singularité d'un plan de bornage tout en tirant parti des atouts de la maquette numérique qui rappelons-le, est un outil dématérialisé en 3D qui doit améliorer la compréhension du bornage. L'objectif est donc de représenter suffisamment d'éléments pour que les propriétaires aient des repères

⁸⁰ Recueil des normes ordinales de l'acte foncier, OGE, Pour que l'opération soit finalisée, l'accord de tous les propriétaires est nécessaire, ce qui impose une excellente compréhension de la situation pour ces derniers.

⁸¹ BATTISTELLA C, 2022, Le plan de bornage : quelle différence de compréhension par les propriétaires selon les méthodes employées, Mémoire Ingénieur ESGT, Le Mans, 81 pages

⁸² Voir Supra § I.1.2

⁸³ H. MACHER, 2017, Du nuage de point à la maquette numérique : reconstruction 3D semi-automatique de bâtiment, Thèse INSA Strasbourg, 167 pages

⁸⁴ Plan BIM 2022, Dimensions du BIM : de la 2D à la 7D, disponible sur : <https://plan-bim-2022.fr/actions/f-expliquer/dimensions-du-bim-de-la-2d-a-la-7d-5/> consulté le 15/06/2023

sans perte de temps dans la modélisation d'éléments inutiles à la compréhension des limites de propriété et au repérage des lieux. Comme il a été expliqué précédemment⁸⁵, la justification de la position d'une limite découle parfois d'éléments complexes. Les logiciels de modélisations 3D et en particulier Autodesk Revit permettent leurs représentations grâce à la création d'objets même complexes par extrusion. On peut donc modéliser des éléments comme les chaperons présentés en figure 8.

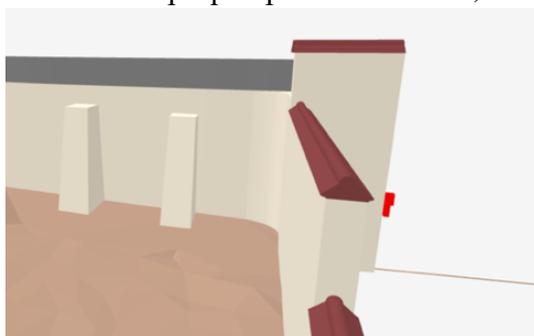


Figure 8 : Chaperons modélisés avec Revit (production personnelle)

Il est également possible de répondre **aux exigences graphiques de l'OGE**⁸⁶. Ces dernières précisent entre autres que doit figurer sur l'acte foncier : **la limite nouvellement définie en rouge, l'application cadastrale en marron orangé, une flèche nord, les identifications cadastrales des parcelles**. Il est également mentionné l'utilisation **d'une légende** dont on va pouvoir s'affranchir puisqu'il est possible dans une maquette numérique d'identifier directement l'objet 3D depuis ses propriétés. Lesquelles sont accessibles en cliquant

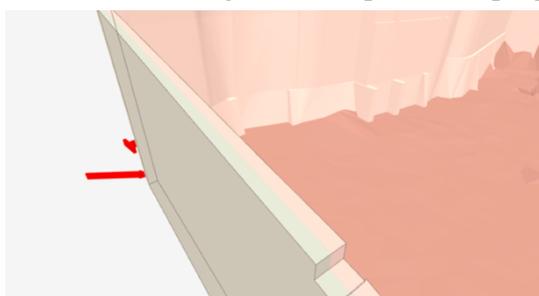


Figure 9 : Limite de propriété modélisée avec Revit (production personnelle)

directement sur l'objet. Une limite 3D en rouge présentée en figure 9 a été dessinée avec l'outil volume in situ de Revit qui permet entre autres de distinguer l'appartenance des murs. Enfin, Revit permet de modéliser n'importe quel objet même s'il n'existe pas en tant que tel.

On peut donc facilement dessiner une flèche nord, indiquer les sommets des limites avec des flèches et donner les désignations cadastrales ainsi que les noms de rue avec l'outil « texte 3D ». D'autre part, il sera possible de sauvegarder ces éléments pour les réutiliser dans d'autres maquettes. La modélisation du sol est également possible⁸⁷ pour mieux s'approprier la situation des lieux. Nous aboutissons ainsi à la maquette présentée en annexe⁸⁸ obtenue à partir des acquisitions évoquées précédemment. Celle-ci offre une vision 3D qui favorise la compréhension des propriétaires et qui répond aux exigences graphiques de l'acte foncier, ce qui permet d'en faire un « acte foncier 3D ».

⁸⁵ Voir Supra § I.1.1.2

⁸⁶ OGE, Recueil des normes ordinaires de l'acte foncier, p. 27, l'Annexe n°2 présente plus précisément ces exigences issues d'une délibération du Conseil Supérieur de l'OGE de 2018

⁸⁷ GUEZO J et NAVARRA P, 2020, *Mon premier projet d'architecture avec Revit*, Eyrolles. L'ouvrage explique page 21 comment modéliser la topographie d'un projet sur Revit.

⁸⁸ Voir Annexe n°4

I.3 Des outils de partage en forte progression permettant la création de processus de partage de l'acte foncier 3D

Contrairement au plan, il semble difficilement envisageable de fournir une impression 3D de la maquette à chaque propriétaire. Il faut alors trouver un mode de partage pour la maquette numérique de bornage garant de la sécurité de la donnée, de son intégrité et de sa qualité. Des exemples de pays étrangers laissent penser qu'une vision 3D des limites de propriétés est possible grâce à une cartographie WEB (I.3.1). Toutefois, un équivalent français n'étant pas disponible à ce jour, il existe d'autres outils (I.3.2) qui permettent d'envisager un processus de partage pour l'approbation de l'acte foncier 3D (I.3.3).

I.3.1 Les cadastres suisse et luxembourgeois des exemples à suivre pour l'avenir de l'acte foncier 3D en France

Les administrations cadastrales suisse et luxembourgeoise proposent une visualisation 3D de l'ensemble de leurs territoires. Cette représentation tridimensionnelle peut se superposer aux limites cadastrales qui en Suisse garantissent la propriété foncière⁸⁹. Ces portails montrent qu'il est possible de proposer dans un seul référentiel une modélisation 3D associée à une représentation des limites de propriétés. Ces représentations ont été rendues possible

grâce à une acquisition LIDAR de l'ensemble du territoire de ces pays⁹⁰. Dès lors, on constate l'intérêt de la représentation 3D qui permet un meilleur repérage dans les lieux puisque la topographie est également représentée comme on peut le voir en figure 10. Bien que les éléments qui clôturent les fonds



Figure 10 : Visualisation du cadastre suisse en 3D (source : Office fédérale de topographie swisstopo)

n'y soient pas représentés, cela ne permet-il pas d'envisager un portail cartographique 3D regroupant un ensemble des maquettes numériques de bornage établies par les géomètres-experts ? C'est la question qui a été posée lors de l'entretien avec le directeur général de Géofoncier. En effet, l'existence d'une plateforme qui permettrait d'intégrer la maquette numérique de bornage dans une cartographie nationale serait une excellente solution pour

⁸⁹ En Suisse, le cadastre est le garant de la propriété foncière, Direction fédérale des mensurations cadastrales (Suisse), Le système cadastral suisse en bref, disponible sur : <https://www.cadastre.ch/> consulté 07/04/2023

⁹⁰ L'acquisition LIDAR permet l'obtention d'un nuage de point qu'il est possible de classifier afin de distinguer les différents éléments qui le compose. Office fédérale de topographie swisstopo, Acquisition de données LIDAR, disponible sur <https://www.swisstopo.admin.ch/fr/connaissances-faits/geoinformation/donnees-lidar.html>, consulté le

partager la donnée aux propriétaires. Lancé en 2010, le portail Géofoncier est un outil incontournable pour les géomètres-experts et constitue le guichet de l'information foncière en France⁹¹. Ce dernier dispose depuis peu d'une cartographie 3D peu développée pour le moment puisque le portail Géofoncier est surtout dans l'attente de la finalisation du projet LIDAR HD⁹² de l'IGN dont les acquisitions seront disponibles en open data. Actuellement environ la moitié de la France a déjà été couverte, la totalité du territoire le sera d'ici à deux ans. Nul doute que l'arrivée de cette donnée accélèra le développement du portail vers le RFU 3D et que l'ajout d'autre type de données 3D tel que des maquettes pourra être envisagé⁹³. La solution n'ayant pas encore vu le jour, il faut se diriger vers d'autres solutions de partage.

I.3.2 Des outils informatiques de partage de la maquette numérique de bornage accessibles

L'accessibilité à la maquette numérique de bornage est rendue possible grâce à des outils de partage. La manipulation de données 3D est en principe limitée par les ressources informatiques dont dispose l'utilisateur puisque les logiciels de modélisation et de visualisation requièrent un ordinateur performant⁹⁴. Il faut donc rechercher des outils accessibles pour le partage de la maquette numérique de bornage. L'équivalent en 3D d'un format numérique très répandu ainsi que des plateformes de partage tendent à rendre accessible la donnée en 3D au plus grand nombre.

Dès qu'il s'agit de transmettre un document numérique, le PDF est une référence⁹⁵. Son équivalent en 3D est de plus en plus utilisé corrélativement au développement de l'usage de la 3D dans la CAO. L'usage du PDF 3D, au nom évocateur, semble pertinent pour partager aux propriétaires l'acte foncier 3D. Il offre diverses fonctionnalités permettant de naviguer autour de la maquette numérique de bornage, de prendre des mesures et d'afficher les propriétés des objets. La conversion vers ce format est facilement réalisable depuis les logiciels de modélisation 3D comme Autodesk Revit. Toutefois, sa visualisation nécessite

⁹¹ Géofoncier, *La SAS Géofoncier*, disponible sur : <https://www.geofoncier.fr/la-sas-geofoncier/> consulté le 02/03/2023

⁹² Le projet LIDAR HD de l'IGN propose une modélisation complète de la France sous forme de nuages de points obtenus à partir d'acquisitions LIDAR.

⁹³ Entretien avec M. BEZARD FALGAS directeur général de la SAS Géofoncier

⁹⁴ Autodesk, Configuration requise pour les produits Revit 2022, disponible sur : <https://www.autodesk.fr/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/FRA/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2022-products.html> consulté le 28/06/2023

⁹⁵ Créé en 1992 par la société Adobe System, le Portable Document Format (PDF) est devenu une norme ISO en 2008. Wikipédia

un lecteur PDF qui prend en charge ce format tel qu'Adobe Acrobat Reader. De plus, des tests⁹⁶ montrent qu'en pratique la navigation autour d'elle est difficile avec la souris ou le pavé tactile de l'ordinateur. Aussi, afin de ne pas dépendre des ressources informatiques des et des capacités numériques des propriétaires, il convient d'étudier d'autre solution de partage. L'avènement du BIM a permis le développement de plateformes de partage collaboratives qui permettent la diffusion de projets 3D depuis Internet. Ce sont donc des outils intéressants pour envisager un processus de partage de l'acte foncier 3D. Nous en avons testé deux Autodesk Viewer et Geocassini. Depuis Mars 2023, un lien vers la plateforme Autodesk Viewer a été ajouté sur le portail Géofoncier. Il s'agit d'un outil de visualisation de conceptions 2D ou 3D qui permet de stocker et de partager temporairement un projet. C'est un outil entièrement en ligne accessible gratuitement. Il présente l'avantage d'être compatible avec les formats des logiciels Autodesk, nous avons donc pu intégrer directement notre fichier projet Autodesk Revit sans export intermédiaire vers un autre format comme l'IFC⁹⁷. Cependant, le partage se fait par l'intermédiaire d'un lien internet accessible dès lors que l'on dispose d'un compte Autodesk que l'on peut créer gratuitement, l'accès à la maquette est donc peu sécurisé. De plus, le stockage de la maquette numérique sur la plateforme est limité à 30 jours, ce qui peut être insuffisant pour permettre aux propriétaires de la consulter. Nous nous sommes donc tournés vers une autre plateforme plus complète et plus adaptée. Geocassini est une plateforme web de traitement de données géoréférencées développée par la société e-Cassini. La plateforme peut héberger n'importe quel type de données, qu'elles soient en 2D ou en 3D. La quantité de données pouvant être stockées ainsi que la durée de stockage sont illimitées. Son interface présentée en figure 11 permet l'affichage simultané d'une vue cartographique ou satellitaire et de la maquette numérique qui permet de mieux situer le bornage.

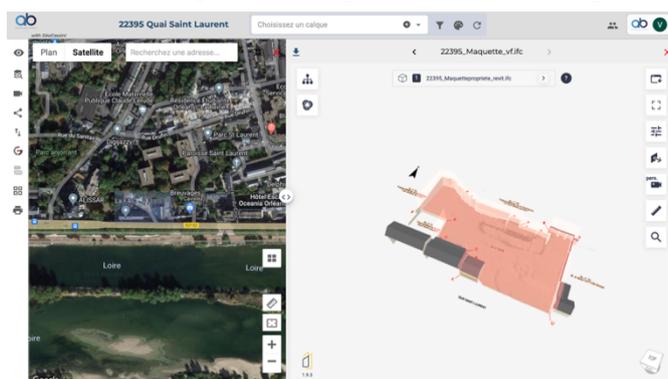


Figure 11 : Interface Geocassini présentant la maquette numérique de bornage du dossier Quai Saint-Laurent à Orléans

⁹⁶ Différents tests et comparaisons réalisés au sein de l'entreprise d'accueil révèlent que la visualisation de la maquette numérique de bornage sous format PDF 3D est difficile et moins intuitive.

⁹⁷ L'IFC (Industry Foundation Classe) est le format utilisé pour le partage de maquette numérique dans des projets BIM, il offre l'avantage d'être compatible avec de nombreux logiciels de modélisation et de visualisation. Building smart, *Qu'est-ce que le format IFC ?* <https://buildingsmartfrance-mediaconstruct.fr> consulté le 20/08/2023

De plus, le partage d'un projet peut se faire uniquement aux personnes disposant d'un compte et à qui on aura autorisé l'accès au projet. C'est donc un outil plus complet et plus sécurisé. Cet outil a permis de créer un processus de partage accessible dont des évolutions futures permettront l'automatisation.

I.3.3 Mise en place d'un processus de partage innovant

Nous avons élaboré un processus entièrement dématérialisé qui s'appuie sur la procédure de signature électronique du portail Géofoncier. Dans cette procédure, un courriel est envoyé à chaque propriétaire lui permettant de visualiser le procès-verbal de bornage depuis un lien puis de le signer grâce à un code transmis par SMS. Ce courriel est un modèle personnalisable lors du paramétrage de la collecte de signature sur le site Géofoncier⁹⁸, on peut donc y intégrer un lien vers la maquette numérique de bornage selon le modèle présenté en annexe⁹⁹. Afin que la transmission de la maquette numérique de bornage soit la plus sécurisée possible, nous utilisons Geocassini, qui rappelons le, nécessite une authentification afin de donner accès uniquement aux propriétaires des parcelles concernées par le bornage. La consultation de la maquette numérique de bornage sera facilitée par un guide¹⁰⁰ afin de répondre à l'un des enjeux pour la démocratisation de la pratique¹⁰¹. Néanmoins, en supposant que l'utilisation de la maquette numérique de bornage se généralise, il faudra créer un grand nombre de comptes utilisateur puisque chacun des propriétaires de chaque bornage disposera d'un compte pour consulter son acte foncier 3D. Cela serait très chronophage, puisque la configuration du partage prend environ 40 minutes pour un bornage avec six propriétaires¹⁰², et nuirait considérablement à la méthode qui depuis le début de cette étude est décrite comme étant plus efficace. C'est pourquoi, nous avons réfléchi à une solution d'automatisation. De nouveau, la technologie apporte des réponses, les interfaces de programmation d'application¹⁰³ disponibles sur Geocassini et sur les logiciels de gestion de

⁹⁸ Pour rappel, la procédure actuelle permet de signer un seul fichier PDF (le procès-verbal et plan de bornage dans un seul document PDF). Pour communiquer la maquette en remplacement du plan, il faut la transmettre via un lien vers la plateforme de visualisation choisie.

⁹⁹ Voir Annexe 5

¹⁰⁰ Un guide décrivant les étapes pour consulter la maquette numérique de bornage a été élaboré au sein de l'entreprise d'accueil pour faciliter sa lecture.

¹⁰¹ Voir infra § II.3.2.1

¹⁰² Temps estimé à partir des tests de partage réalisés au sein de l'entreprise d'accueil, la création du compte pour un propriétaire prend environ 5 minutes auquel s'ajoute le temps dédié à la création du projet d'environ 10 minutes.

¹⁰³ Les interfaces de programmations d'application ou API permettent de créer des « liens » afin de récupérer les informations présent sur un logiciel depuis un autre.

dossiers comme Geoprod Connect¹⁰⁴ permettent la création automatique de projet et de compte utilisateurs. A partir de script informatique, il est possible depuis Geocassini d'interroger grâce à des requêtes les données du logiciel de gestion (Geoprod Connect) afin de récupérer l'ensemble des informations nécessaires pour créer automatiquement le compte utilisateur (nom, prénom, courriel) et le projet (numéro de dossier, localisation). Ainsi, il est parfaitement envisageable de multiplier les usages de la maquette numérique pour le bornage qui peut ainsi devenir plus qu'une expérimentation.

Par conséquent, face à des situations spécifiques de bornage caractérisées par un milieu urbain densément bâti, une représentation difficile des éléments complexes et des problèmes de sécurité entourant ces opérations lorsqu'elles sont réalisées de façon traditionnelle, il est possible de réaliser des levés lasergrammétriques et photogrammétriques qui facilitent le travail du géomètre et permettent d'obtenir des nuages de points qui constituent un support à la modélisation d'une maquette numérique de bornage. Cette dernière valorise l'activité de bornage et l'existence d'outil de partage permet la mise en place un protocole complet permettant l'utilisation de la maquette numérique de bornage comme un acte foncier 3D. Cependant, des obstacles à sa démocratisation persistent, mais pourraient être franchis.

II Des obstacles à la démocratisation de l'acte foncier 3D pouvant être franchis

Malgré de fortes opportunités, il convient aussi de montrer les différents obstacles pouvant être franchis pour démocratiser l'usage de la 3D dans l'acte foncier. Ces obstacles peuvent être de nature juridique, technique, institutionnelle ou économique. Ainsi les géomètres-experts doivent tenir compte des contraintes juridiques posées lors de l'acquisition de leurs données (II.1) puis réfléchir à la sécurisation de l'acte foncier 3D (II.2) et enfin étudier les coûts que la méthode représente (II.3).

II.1 Les précautions à prendre en compte lors de l'acquisition des données et la modélisation de la maquette numérique de bornage

Les acquisitions par lasergrammétrie ou photogrammétrie aérienne qui permettent d'obtenir le nuage de points support de la maquette numérique de bornage peuvent porter atteintes à des droits de la personnalité. De fait, la généralisation de l'usage de la maquette numérique

¹⁰⁴ Geoprod Connect est un logiciel dédié à la gestion des dossiers au sein des cabinets de géomètre-expert dont l'entreprise d'accueil fait l'usage. On va pouvoir y retrouver pour un dossier de bornage, l'ensemble des informations sur les propriétaires

pour le bornage suppose la multiplication des usages du scanner et du drone. Bien qu'elles soient installées depuis de nombreuses années dans les cabinets de géomètre-expert, les techniques d'acquisition 3D que sont la lasergrammétrie et la photogrammétrie aérienne posent des questions auxquelles le droit français et le droit européen tentent de répondre. Le drone impose de respecter des règles de survol et d'acquisitions d'image (II.1.1). En fonction des éléments qui apparaissent sur les images acquises ou sur les nuages de points, ces derniers peuvent représenter une atteinte au droit à l'image et au respect de la vie privée. (II.1.2). Enfin, la maquette numérique peut constituer une atteinte au droit d'auteur des architectes (II.1.3).

II.1.1 L'usage du drone, entre règles de survol et acquisition d'images, de nombreuses mesures laissant place à une liberté d'utilisation

Les règles qui encadrent l'usage du drone limitent sa liberté d'utilisation, néanmoins l'étude de la réglementation montre qu'il est possible de réaliser des vols en milieu urbain pour relever les parcelles à border.

Le développement fulgurant des drones de loisir ces dernières années, a conduit l'administration à créer et à enrichir la réglementation. Celle-ci a d'ailleurs évolué pour s'adapter aux pratiques professionnelles. Élément important parmi les méthodes d'acquisition permettant l'obtention du nuage de points support de la maquette numérique de bornage, le drone est soumis à une législation comportant deux aspects. Le premier est lié à l'utilisation de l'espace aérien et le second à la captation d'images ou données de télédétection. Fort heureusement, la législation relative à l'acquisition d'images depuis un aéronef s'est assouplie. Depuis le 1^{er} janvier 2023, plus aucune autorisation n'est nécessaire pour la prise de vue aérienne sauf zones sensibles fixées par arrêté du 10 juin 2021¹⁰⁵. Concernant l'utilisation de l'espace aérien, il existe différentes catégories pour l'exploitation des drones : Ouverte, Spécifique, Certifiée¹⁰⁶. Le rattachement à l'une d'elle dépend du niveau de risque de l'opération. Ainsi, les vols à faible risque relèvent de la catégorie ouverte et, réciproquement, les vols à haut risque, de la catégorie certifiée. Cette dernière est relative à des vols dans des circonstances très particulières auxquelles les géomètres ne seront pas confrontés. On considère souvent que la catégorie Ouverte concerne l'usage de loisir et la

¹⁰⁵ Décret n° 2022-1397 du 2 novembre 2022 portant application de l'article L. 6224-1 du code des transports relatif au régime encadrant la captation et le traitement des données recueillies depuis un aéronef dans certaines zones

¹⁰⁶ Article 3 de la réglementation d'exécution de la commission européenne concernant les règles et procédures applicables à l'exploitation d'aéronefs sans équipage à bord du 24 mai 2019.

catégorie Spécifique l'usage professionnel. Toutefois, en fonction du type d'opération qu'il réalise, le professionnel peut parfaitement évoluer dans différentes catégories. En principe, en catégorie Ouverte¹⁰⁷, il est interdit de faire voler un drone au-dessus de l'espace public en agglomération. En revanche, on peut parfaitement survoler une propriété privée en agglomération sans déclaration ou autorisation d'exploitation, sauf dans la ville de Paris¹⁰⁸. Ainsi, dans le cadre du levé d'une propriété à border en milieu urbain densément bâti, on peut supposer que le géomètre peut évoluer en catégorie ouverte en respectant seulement certaines recommandations¹⁰⁹. Or, les exigences techniques d'un levé au drone telles que la hauteur de vol, l'emprise de la zone survolée afin de capturer l'ensemble des éléments nécessaires à la mission peuvent ne pas répondre à ces recommandations. Ainsi, il est probable que certaines prises de vue soient effectuées depuis l'espace public. Il faut donc s'intéresser à la catégorie spécifique qui va sécuriser le géomètre lors de son opération. La catégorie Spécifique, va permettre le survol de l'espace public en milieu urbain selon certains scénarios de vol nationaux S1, S2, S3¹¹⁰. Toutefois, conformément à la réglementation européenne¹¹¹, de nouveaux scénarios européens nommés STS-01 et STS-02 seront introduits en 2024 en remplacement des 3 scénarios nationaux qui s'éteindront en 2026. Ce qu'il faut retenir c'est que le scénario STS-01 est équivalent à un scénario S3 qui correspond à un vol en vue directe dans une zone peuplée. C'est ce type de scénario auquel est confronté le géomètre lorsqu'il réalise le lever d'une parcelle par photogrammétrie aérienne en milieu urbain. Pour évoluer dans le respect de la réglementation, le géomètre devra donc : **se référer à la catégorie Spécifique, s'enregistrer en tant qu'exploitant, enregistrer son aéronef, Déclarer ses vols auprès de la DGAC, avoir le CATT¹¹² et une attestation de suivi de formation, demander l'accord des propriétaires.** Cet accord du propriétaire fait référence à un article du code des transports qui précise que : « *Le droit pour*

¹⁰⁷ Article 5 de l'arrêté du 3 décembre 2020 relatif à l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personnes à bord.

¹⁰⁸ Arrêté du 21 février 2018 portant création d'une zone interdite, identifiée LF-P 23 Paris (Paris), dans la région d'information de vol de Paris

¹⁰⁹ Dans le cas du survol d'une propriété privée en agglomération, il est recommandé certaines pratiques : l'accord de l'occupant des lieux, le respect de vitesse et de hauteur maximale adaptée à l'environnement immédiat (bâtiments, arbres...) permettant de limiter les risques en cas de perte de contrôle. La règle dite du « 1 pour 1 » est considérée comme une bonne pratique, elle consiste à ne pas dépasser une hauteur de vol correspondant à la distance horizontale entre l'aéronef et la limite de la propriété. Ainsi, même en cas de perte de contrôle, l'aéronef a une forte probabilité de retomber dans l'enceinte de la propriété, DGAC, *Guide catégorie ouverte*, page 39

¹¹⁰ DGAC, *Guide catégorie Spécifique*

¹¹¹ Règlement d'exécution de la commission européenne concernant les règles et procédures applicables à l'exploitation d'aéronefs sans équipage à bord du 24 mai 2019.

¹¹² Article 3 de l'arrêté du 18 mai 2018 relatif aux exigences applicables aux télépilotes qui utilisent des aéronefs civils qui circulent sans personne à bord à des fins autres que le loisir

un aéronef de survoler les propriétés privées ne peut s'exercer dans des conditions telles qu'il entraverait l'exercice du droit du propriétaire »¹¹³. En effet les prises de vue aériennes et terrestres peuvent représenter des atteintes à certains droits personnels des propriétaires et des personnes susceptibles d'apparaître sur les prises de vues. Il est donc primordial de savoir quels sont les droits touchés pour prendre les précautions nécessaires.

II.1.2 Les atteintes au droit à l'image et au respect de la vie privée entourant les acquisitions par lasergrammétrie et photogrammétrie aérienne

Comme évoqué dans *le Pixel et la balance*¹¹⁴, les acquisitions par photogrammétrie aérienne peuvent porter atteintes au droit à l'image des personnes physiques et au droit au respect de la vie privée. Considérant que la lasergrammétrie permet la restitution en haute résolution d'une situation et donc facilement permettre d'identifier une personne, celle-ci peut également porter atteinte à ces droits. Le droit à l'image « *permet à toute personne de disposer sur son image d'un droit exclusif, lui offrant la possibilité d'en autoriser ou d'en interdire la captation, la reproduction, la diffusion* ». Selon la jurisprudence, il faut que la personne soit identifiable et reconnaissable pour obtenir réparation devant les juridictions civiles, sans quoi l'atteinte au droit à l'image ne peut être constituée¹¹⁵. Les photographies prises par le drone ainsi que le nuage de points acquis par le scanner 3D sont des exemples de captation d'image. En effet, le nuage de points, même s'il n'offre pas un rendu aussi réaliste que la photographie, peut permettre d'identifier et de reconnaître un individu¹¹⁶. Ces deux procédés sont donc capables de porter atteinte au droit à l'image. De plus, « chacun a droit au respect de sa vie privée »¹¹⁷. Selon le Code pénal¹¹⁸, pour qualifier une atteinte à la vie privée par l'image, il faut retenir la captation et ou la diffusion de l'image d'une personne sans son autorisation alors qu'elle se trouvait dans un lieu privé. La propriété à border ainsi que les propriétés riveraines constituant des lieux privés, E. BOTREL et L. POLIDORI¹¹⁹ recommandent de demander d'autorisation pour la captation d'image selon un modèle qu'ils présentent dans leur ouvrage¹²⁰. Dans notre étude, la diffusion des images ainsi que du nuage de points n'est pas envisagée. Seule la maquette numérique, qui « synthétise » le nuage de points en ne reprenant que les éléments que l'on souhaite faire apparaître, est transmise.

¹¹³ C.transp. Art. L6211-3

¹¹⁴ BOTREL E, POLIDORI L, *Le pixel et la balance*, page 146

¹¹⁵ Cass. 1^{ère} civ, 5 avril 2012, n°11-15.328

¹¹⁶ *Idem*

¹¹⁷ C. civ., Art. 9

¹¹⁸ C. pén., Art. 226-1

¹¹⁹ BOTREL E, POLIDORI L, *Le pixel et la balance*, page 151

¹²⁰ BOTREL E, POLIDORI L, *Le pixel et la balance*, page 231

Ainsi, la seule autorisation de captation sera nécessaire quel que soit le mode d'acquisition devrait permettre de se protéger si des personnes sont susceptible d'apparaître sur les photos et le nuage de points.

II.1.3 La maquette numérique : une atteinte au droit d'auteur des architectes ?

Il a souvent été répété tout au long de cette étude qu'un modèle 3D est un véritable « clone numérique » de l'objet réel. La maquette numérique peut donc être une reproduction de l'œuvre architecturale et donc porter atteinte au droit de l'architecte qui en est l'auteur. En France, selon le Code de la propriété intellectuelle : *“L'auteur d'une œuvre de l'esprit jouit sur cette œuvre, du seul fait de sa création, d'un droit de propriété incorporelle exclusif et opposable à tous. Ce droit comporte des attributs d'ordre intellectuel et moral ainsi que des attributs d'ordre patrimonial.”*¹²¹. L'auteur est donc le seul titulaire de ce droit. Parmi les attributs d'ordre patrimonial, on trouve le droit de reproduction qui permet la fixation matérielle de l'œuvre par tous procédés permettant alors de communiquer l'œuvre au public de manière indirecte¹²². On a donc deux conditions cumulatives à l'exercice du droit de reproduction : la fixation matérielle et la communication à un public. Or, certaine construction constitue des œuvres dont l'auteur n'est d'autre que leur architecte. Il est important de préciser que la fixation de l'œuvre même par un procédé numérique rempli la première condition puisqu'elle ne saurait exister sans la présence d'un support matériel, en l'occurrence un écran¹²³. Par conséquent, la modélisation d'un bâtiment sous forme de maquette numérique tel que construite, donc très fidèle à la réalité, ainsi que le nuage de points sur lequel elle s'appuie sont des exemples de fixation matérielle. De plus, la maquette numérique étant destinée à être partagée à un public qui sera dans le cas d'un bornage constitué des propriétaires et qui pourra être diffusée plus largement si un dépôt sur le portail Géofoncier est réalisé, celle-ci constitue bien une forme de reproduction de l'œuvre architecturale. Cette atteinte a d'ailleurs déjà été condamnée¹²⁴. La maquette numérique de bornage étant une représentation simplifiée de la réalité, on peut penser que celle-ci ne saurait permettre de distinguer la personnalité de l'auteur et donc d'identifier l'œuvre. On pourrait donc considérer en pratique qu'elle ne constitue pas une violation des droits

¹²¹ CPI. Art. L111-1

¹²² CPI. Art L22-3

¹²³ BOTREL E, POLIDORI L, *Le pixel et la balance*, page 146

¹²⁴ CA Paris, 4^{ème} ch, sect B, 5 mars 1999 : condamnation à des dommages et intérêts d'un maître d'ouvrage qui a utilisé la photographie d'un immeuble pour sa campagne publicitaire sans avoir demandé l'accord à l'architecte ni même mentionné son nom.

patrimoniaux¹²⁵. Cependant, une maquette numérique, même simplifiée pourrait permettre d'identifier un bâtiment protégé. Comme nous l'avons vu, nous sommes en mesure de reproduire certains éléments de façon très fidèle et afin d'identifier les parcelles à border, nous indiquons les désignations cadastrales de ces dernières. Ainsi, il n'existe aucun doute sur la localisation du bâtiment modélisé, il peut donc être identifié même s'il est très simplement modélisé. Il est donc recommandé au Géomètre de faire une demande d'autorisation de reproduction de l'œuvre architecturale auprès de son auteur telle qu'elle est présentée dans *Le pixel et la balance*¹²⁶. De telles demandes d'autorisation, qu'elles soient relatives au survol par drone, à la captation d'image, ou au droit d'auteur des architectes, suggèrent que le géomètre-expert a besoin de sécuriser son opération. Or, l'acte foncier 3D impose également de s'intéresser à la façon de sécuriser son usage puisque le géomètre doit être en mesure de justifier son utilisation et de garantir son authenticité.

II.2 Comment sécuriser l'usage de l'acte foncier 3D ?

La sécurisation de l'usage de l'acte foncier 3D est une question à laquelle il faut répondre. Par sécurisation, on évoque ici les actions nécessaires pour approuver l'usage de la maquette numérique comme acte foncier 3D. Tout d'abord, le choix de la maquette numérique comme livrable de l'opération de bornage devra être anticipé (II.2.1), puis inventer des moyens d'authentification pour la maquette numérique afin de prouver qu'elle émane d'un géomètre-expert (II.2.2). Enfin, il faudra envisager des évolutions des normes ordinales de l'OGE (II.2.3).

II.2.1 Anticiper le choix de la maquette numérique comme livrable de l'opération de bornage

Le choix de la maquette numérique de bornage doit être anticipé pour justifier son utilisation lors de l'opération de bornage. Ce besoin d'anticipation est caractérisé par le devis proposé au client. En effet, le Code de la consommation¹²⁷ précise que les caractéristiques essentielles du service doivent être communiquées au client avant conclusion de contrat. Tout contrat est formé lors de la rencontre entre une offre et une acceptation¹²⁸, en pratique l'offre est matérialisée par le devis et l'acceptation par la signature du client précédée de la mention « *bon pour accord* » ou « *bon pour commande* ». Le géomètre a alors l'obligation de délivrer la chose convenue. Pour une mission de bornage, l'OGE juge indispensable de détailler dans

¹²⁵ CPI, Art. L22-5

¹²⁶ BOTREL E, POLIDORI L, *Le pixel et la balance*, page 233

¹²⁷ C. consom., Art. L111-1

¹²⁸ C. civ., Art. 1113

le devis *établissement du plan de bornage et du procès-verbal de bornage* comme caractéristique essentielle. Le livrable finalisant l'opération de bornage doit donc être précisé. En revanche, il ne sera pas utile de préciser les méthodes utilisées pour le levé¹²⁹. Par conséquent, le choix de la maquette numérique ne pourra pas se faire en réaction face à des bornages complexes¹³⁰ mais en anticipation face à ces situations. Seul un nouvel accord entre les parties permettra de modifier le contrat. Enfin, le géomètre a un devoir de conseil dans le choix sur le travail à effectuer¹³¹. Il devra donc justifier auprès de son client du choix de la maquette numérique comme acte foncier. Face aux contraintes évoquées plus tôt¹³², nous rappelons également que le géomètre devra au préalable faire les demandes d'autorisations suivantes : demande d'autorisation de cession de droit à l'image afin d'autoriser la captation d'image depuis un drone ou un scanner 3D sur lesquelles les propriétaires seraient susceptibles d'apparaître, demande d'autorisation de survol de propriété à adresser à l'ensemble des propriétaires. Il devra aussi avoir réalisé toutes les démarches relatives à l'utilisation du drone dans l'espace aérien.

II.2.2 Des moyens d'authentification de la maquette numérique à inventer

Il n'existe pas aujourd'hui de moyens faciles à mettre en œuvre pour garantir l'authenticité de la maquette numérique, il faut donc les imaginer. Au-delà de sa capacité à être diffusée, la sécurisation de la maquette numérique de bornage et son authenticité est aussi un point important que doit satisfaire l'acte foncier 3D. En effet, l'article 48 du décret du 31 mai 1996 précise que le Géomètre-Expert « *signe les documents qu'il remet* », ces derniers « *doivent en outre porter son cachet* ». La question suivante se pose alors : Comment le faire de façon numérique ? Lorsqu'il s'agit d'un document texte ou un plan 2D, l'usage d'une signature manuscrite numérisée est admis¹³³. Mais qu'en est-il pour une représentation 3D ? Les révolutions technologiques : Blockchain, crypto monnaie, NFT qui contribuent à digitaliser des domaines auparavant très concrets comme la monnaie ou l'art peuvent apporter des réponses. La blockchain est une technologie qui permet de stocker et de transmettre des informations de manière transparente, sécurisée, sans organe central de contrôle. Il n'y a donc pas une blockchain mais plusieurs blockchains dans des domaines

¹²⁹ OGE, Délibération du conseil supérieur de l'OGE du 25 juin 2014, Recueil des normes ordinales, Cette dernière donne la liberté au Géomètre-Expert dans le choix de ses méthodes pour satisfaire à son obligation de moyen.

¹³⁰ Voir supra I.1.1

¹³¹ Article 49 du Décret du 31 mai 1996 portant règlement de la profession de géomètre-expert

¹³² Voir supra § II.1

¹³³ Cass. Soc. 14 décembre 2022, n°. 21-19-841, Par cette décision, la Cour de cassation a admis que même si elle ne vaut pas signature électronique, une signature manuscrite numérisée ne vaut pas absence de signature.

différents : la finance avec la cryptomonnaie, l'art avec les NFT... Il peut aussi s'agir de titres comme des titres de propriété. Dans un article consacré au portail Géofoncier¹³⁴, un assistant à maîtrise d'ouvrage proposait une définition de la blockchain comme étant le « *dernier avatar d'une longue série de techniques destinées à conserver de l'information de manière durable. La blockchain n'est rien de plus qu'un registre numérique sécurisé et distribué qui vise à reproduire la notion d'infalsifiabilité* »¹³⁵, Dans la suite de l'article, le directeur général de Géofoncier ajoute que cette technologie repose sur des algorithmes complexes, capables de générer des chaînes de caractères uniques de longueur fixe à partir d'un contenu quelconque. L'intérêt pour le Géofoncier est la garantie de l'origine des documents fonciers, leur date d'émission. Le portail souhaite appliquer cette technologie pour les échanges entre les Géomètres-Experts, les services du cadastre, le service de la publicité foncière et les notaires¹³⁶. L'application de cette technologie aux échanges entre les Géomètres-Experts, les propriétaires et le portail Géofoncier serait donc une idée prometteuse. La création d'une blockchain dédiée aux échanges d'acte foncier permettrait de les authentifier, de garantir leur intégrité. Les algorithmes¹³⁷ associés à ce registre numérique sont capables de « figer » le contenu des fichiers qui y sont intégrés en créant une chaîne de caractères unique associée. Ainsi, la moindre modification qui changerait cette chaîne de caractère serait détectée par les algorithmes. Pour l'heure, la transmission d'une maquette numérique, étant impossible une blockchain, d'autres moyens d'authentification doivent être envisagés. Pour cela on peut envisager plusieurs solutions : utilisation d'un logo en 3D protégé par le droit des marques valant signature numérique, mise en place d'un protocole cryptographique permettant la génération d'une chaîne de caractères propre à la maquette à partir d'algorithmes de hachage¹³⁸, on parle alors de signature digitale. Cependant, cela reste des processus difficiles à mettre en œuvre. De plus, même si la loi reconnaît ces procédés, pour que les géomètres-experts utilisent de nouvelles méthodes, l'approbation de l'OGE est nécessaire.

¹³⁴ BEZARD FALGAS P, *Géofoncier, le big data du foncier*, 2019, Géomètre, pages 30 à 43

¹³⁵ *Idem*

¹³⁶ Entretien avec M. BEZARD FALGAS Directeur de la SAS Géofoncier

¹³⁷ Par définition, un algorithme est un ensemble de règles opératoires dont l'application permet de résoudre un problème énoncé au moyen d'un nombre fini d'opérations. Un algorithme peut être traduit, grâce à un langage de programmation, en un programme exécutable par un ordinateur. Dictionnaire Larousse

¹³⁸ Règlementation eIDAS du 1^{er} juillet 2016. Ce règlement indique les algorithmes recommandés pour obtenir un chiffrement sécurisé de son fichier. L'un des plus connus est le SHA (Secure Hash Algorithm)

II.2.3 Des modifications des normes ordinales aboutissant à l'élaboration d'une charte pour la maquette numérique de bornage à envisager

Les normes ordinales qui régissent les pratiques du géomètre-expert doivent être adaptées afin de permettre l'usage de la maquette numérique pour le bornage, la normalisation de cet usage pourrait se faire grâce à l'établissement d'une charte pour la maquette numérique de bornage fixant les exigences auxquelles elle devra répondre. Rappelons que même si un procès-verbal de bornage signé par toutes les parties à partir de la maquette numérique est parfaitement valable, le géomètre-expert est tenu de respecter certaines normes. Effectivement, bien que nous ayons expliqué qu'un procès-verbal de bornage signé à partir de la maquette numérique soit parfaitement valable¹³⁹, c'est l'Ordre des Géomètres-Experts qui fixe des exigences de forme à la procédure de bornage et précise notamment que « les résultats des opérations donnent lieu à l'établissement de plans ou croquis et d'un procès-verbal de bornage » dont la forme dite « normalisée » est obligatoire¹⁴⁰. Celui-ci se compose de trois éléments : une partie normalisée, une partie non normalisée, un document graphique : un plan et éventuellement un croquis de bornage. Une des premières modifications suggérées pour la partie graphique serait d'inclure la maquette numérique parmi les types de représentation admise comme document graphique. Or, comme il le fait avec le plan, l'OGE souhaiterait probablement fixer certaines exigences. Cela suggère l'élaboration d'un document qui s'apparente à un cahier des charges BIM¹⁴¹. Celui-ci permet de communiquer l'ensemble des exigences, définir le contexte du projet dans lequel il s'applique, préciser le mode de collaboration attendu, énoncer les objectifs et les usages BIM que l'on souhaite mettre en œuvre. Il précise aussi les exigences en termes de livrables, les éléments de codification et de nomenclature des objets¹⁴². Ainsi, ce document reprend certaines exigences qui peuvent s'appliquer à la maquette numérique de bornage. L'établissement de ce document sera simplifié, car il s'agira dans un premier temps de fournir aux Géomètres-Experts les attentes en termes de représentation graphique des limites, de niveau de détail, de format d'export pour la maquette numérique. La notion de précision en maquette 3D n'existe pas, on parle de niveaux de détails ou niveaux de développement, plus connus sous l'acronyme LOD. Il en existe 5 : LOD 100, LOD 200, LOD 300, LOD 400, LOD 500. Bien qu'on puisse exclure les LOD 100 et 500 de nos attentes pour la maquette numérique de bornage puisqu'ils désignent respectivement le niveau de détail le plus faible et le plus élevé,

¹³⁹ Voir *Supra* §I.2.3

¹⁴⁰ OGE, Recueil des normes ordinales, Délibération du conseil supérieur du 3 juin 2009

¹⁴¹ RICHARD D, Le droit du BIM, 2020, LexisNexis

¹⁴² Plan BIM 2022, orelie-bim.fr consulté le 10/06/2023

il est cependant difficile de se raccrocher à un niveau de détail particulier. En effet, comme nous avons pu le démontrer, la modélisation est très détaillée pour certains éléments comme les murs et moins pour d'autres comme les bâtiments dont on évitera de modéliser les menuiseries. C'est pourquoi les praticiens du BIM parlent désormais de LOIN¹⁴³ pour préciser plus spécifiquement les attentes de la maquette numérique. Pour représentation des limites, un travail de fin d'études¹⁴⁴ a mis en avant une solution dans le cadre de l'usage de la maquette pour la division en volumes. Il s'agit de l'outil volume in situ de Revit qui permet une vision en transparence des limites. On peut également choisir de supprimer la face supérieure du volume afin de donner une meilleure visibilité. Une ébauche de cahiers des charges a débuté, mais n'a pas pu être finalisé pour le rendu final de ce travail. Enfin, cette réflexion sur l'évolution des normes ordinales de l'OGE, peut permettre d'envisager la possibilité d'une maquette encore plus complète à laquelle l'ensemble des informations du PV seraient incluses dans les propriétés de celle-ci.

II.3 Une pratique couteuse économiquement, socialement, environnementalement ?

L'adoption de nouvelles pratiques exige de prendre en considération divers coûts. Au-delà de l'aspect économique (II.3.1), il faut également envisager le coût social (II.3.2) et environnemental (II.3.3).

II.3.1 Coût économique : la méthode 3D, un tarif quasi équivalent face à des bornages onéreux par la méthode traditionnelle

Le géomètre exerce une activité de service. La facturation qu'il propose est proportionnelle au temps dédié à la mission. Un bornage coute en général entre 800 € et 2000 €¹⁴⁵. Les types de bornage complexes illustrés plus tôt prennent du temps si l'on conserve une méthode traditionnelle. C'est pourquoi, ils coutent plus cher que des bornages plus simples, c'est-à-dire avec des terrains dégagés, une facilité d'accès et une absence d'éléments complexes. On peut alors se demander, si la méthode 3D pour ce type de bornage est plus ou moins coûteuse ? Si l'on s'attarde sur les activités essentielles composant une mission de bornage, il existe très peu de différence entre la méthode traditionnelle et la méthode 3D. En pratique, les différences découlent des acquisitions, du traitement, de l'établissement de l'acte foncier et du partage de celui-ci. Le temps dédié au levé est bien plus important pour la méthode

¹⁴³ LOIN signifie : « Level of information need », en français « niveau d'information nécessaire », Plan BIM 2022, orelie-bim.fr consulté le 10/06/2023

¹⁴⁴ EZANNIC R, 2016, Intégration des données foncières et juridiques dans un processus BIM : analyse de la plus-value apportée par le géomètre-expert et enjeux pour la profession, Mémoire Ingénieur ESGT, Le Mans, 79 pages

¹⁴⁵ D'après l'étude de plusieurs dossiers de bornage du cabinet

traditionnelle que par une méthode 3D. On pourrait alors s'interroger sur le temps de traitement des acquisitions. La méthode traditionnelle est rapide puisqu'elle est maîtrisée, selon l'expérience des collaborateurs, les coordonnées des points issus d'un relevé mettent quelques minutes à être calculées, de même si le levé est codifié, ce qui est très souvent le cas, le plan est presque entièrement dessiné lorsque l'on importe les points dans le logiciel de DAO. Par conséquent, on obtient des temps de calcul et de dessin de quelques heures. Les nouvelles méthodes d'acquisition nécessitent des traitements plus lourds donc plus lents. Néanmoins, malgré un temps de modélisation important pour la méthode 3D, les différences tarifaires ne sont pas si significatives puisque l'on observe une différence entre 300 € et 500 € environ¹⁴⁶. Enfin, pour les géomètres étant dépourvus de matériels d'acquisitions 3D, ils devront investir des sommes importantes y compris dans les logiciels de traitement.

II.3.2 Coût social : une adaptation des personnes aux outils numériques et à la 3D nécessaire

L'adaptation des personnes aux outils numériques est nécessaire afin de pouvoir démocratiser l'usage de la maquette numérique de bornage. Celle-ci est essentielle pour les propriétaires particuliers visés par les actes fonciers et tout autant pour les géomètres professionnels. En France, 16.5 % de la population de plus de 15 ans est en situation d'illectronisme, ce qui représente un peu plus de 9 millions de personnes et 38 % des usagers d'internet manquent d'au moins une compétence numérique de base¹⁴⁷. Lorsque l'on soumet un acte foncier dématérialisé au propriétaire il faut qu'il puisse en prendre pleinement connaissance, la maquette numérique de bornage doit donc pouvoir être consultée librement sans difficulté. Dans notre processus de partage, nous utilisons un outil de partage professionnel, ce que l'on demande à l'utilisateur peut s'avérer difficile. Il faut une certaine aisance avec l'informatique pour manipuler la maquette quelle que soit la forme de partage employée. Pour y remédier, la notice présentée précédemment¹⁴⁸ permet de guider les propriétaires dans l'utilisation de la plateforme de partage. Cependant, des personnes pourraient s'agacer de devoir consulter une notice pour consulter leurs actes fonciers numériques. Toutefois, des tests de partage réalisés auprès de personnes ayant une affinité différente avec les outils numériques montrent que la notice est nécessaire pour la

¹⁴⁶ Voir Annexe 6

¹⁴⁷ L'illectronisme définit l'incapacité à utiliser les outils numériques. Les compétences numériques de base correspondent à la capacité à rechercher une information sur internet, à communiquer avec les outils numériques, à maîtriser un logiciel de traitement de textes par exemple ou à résoudre des problèmes. INSEE, Une personne sur six n'utilise pas internet, plus d'un usager sur trois manque de compétences numériques de base <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4241397>.

¹⁴⁸ Voir supra § I.3.3

consultation de la maquette¹⁴⁹. Il faut également envisager la formation des personnels avec la 3D, les techniciens habitués à la 2D auront sûrement du mal à s'adapter. Bien que la mise œuvre sur le terrain ne présente pas de difficultés particulières, il faut maîtriser les logiciels de traitement de nuage de points, mais aussi les logiciels de modélisation 3D. Il y donc une obligation de former les différents collaborateurs, une formation suivie dans le cadre de cette étude a d'ailleurs favorisé la modélisation de la maquette numérique de bornage présentée précédemment. De plus différentes notices¹⁵⁰ ont été élaborées pour les collaborateurs de l'entreprise d'accueil. Enfin, le renouvellement des personnels dont les formations ont été orientées vers la modélisation numérique¹⁵¹ devrait permettre de favoriser la démocratisation de la maquette numérique de bornage.

II.3.3 Coût environnemental : l'impact du numérique sur l'environnement à prendre en compte pour justifier la dématérialisation de l'acte foncier

Bien que l'usage de méthodes dématérialisées qui contribuent à diminuer l'usage du papier semble plus écologique, il convient de souligner que celles-ci ne sont pas exemptes de pollution. Effectivement, les infrastructures du numérique (réseaux, antenne, serveur) sont sous tension électrique constante¹⁵². Les centres de données, consomment énormément d'électricité que cela soit pour le fonctionnement mais aussi pour le refroidissement des serveurs¹⁵³. Si l'on se raccroche à la profession, Géofoncier conserve sur 2 serveurs des millions d'actes fonciers. Le stockage de maquette numérique de bornage sera donc un paramètre à prendre en compte. De plus, il faut rappeler qu'avec la dématérialisation, l'information ne devient pas pour autant virtuelle, elle a toujours besoin d'un support matériel en l'occurrence un écran. Les composants des ordinateurs et des smartphones sont créés à partir de terres rares dont l'extraction est très polluante¹⁵⁴. Néanmoins, seul un bilan global à plus long terme permettra d'évaluer l'impact des infrastructures numériques sur le climat. Aujourd'hui, si l'on compare l'empreinte carbone du papier face à celle du numérique on constate que le bilan est tout de même en faveur du numérique (Voir tableau 2 ci-dessous). Le PV de bornage émet environ 14 fois moins de CO₂ en version numérique

¹⁴⁹ Ces tests seraient à poursuivre auprès d'un public plus large pour confirmer cette affirmation

¹⁵⁰ Voir Annexe 2

¹⁵¹ En 2017, le brevet de technicien supérieur géomètre topographe est devenu BTS Métiers du géomètre topographe et de la modélisation numérique.

¹⁵² En France, par exemple, le numérique représente 10 % de la consommation électrique nationale, soit 40 tWh

¹⁵³ DELEPINE Justin, « L'insoutenable croissance du numérique », *Alternatives Économiques*, 2020/1 (N° 397), p. 24-27. Disponible sur : <https://www-cairn-info.proxybib-pp.cnam.fr/magazine-alternatives-economiques-2020-1-page-24.htm> consulté le 15/05/2023

¹⁵⁴ CNRS, terres rares : le paradoxe environnemental, disponible sur : <https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/les-terres-rares-le-paradoxe-environnemental>, consulté le 29 juin 2023

qu'en version papier. Il est donc préférable de poursuivre cette transition vers le numérique afin de limiter l'usage du papier dont la production consomme aussi énormément d'eau.

Nombre de propriétaires	Nombre de feuilles utilisées ¹	Empreinte carbone en kg de CO2 en version papier ²	Équivalent en km parcourus en voiture thermique ³	Empreinte carbone en kg de CO2 en version numérique
5	75	0.8	6	0.05
10	150	1.5	12	0.11
15	225	2.3	18	0.16
20	300	3	24	0.21

¹ Calculé sur la base d'un PVBN de 15 pages en moyenne

² Selon Human & Green Consultants, une feuille A4 imprimée génère 10,2 grammes de CO2

³ Selon l'Agence de la transition écologique, un kilomètre parcouru représente une émission de 130 grammes de CO2

Tableau 2 : Bilan carbone d'un PVBN papier et dématérialisé

Ainsi, il est possible de franchir les différents obstacles qui se dressent face à la démocratisation de l'acte foncier 3D. Même si le dépassement de certains d'entre eux pourra prendre plus de temps.

Conclusion

Les méthodes usuelles trouvent leurs limites lors de certaines opérations de bornages, il est important pour les géomètres-experts d'envisager de nouvelles solutions dans une ère numérique évoluant sans cesse. Le contexte urbain densément bâti, la présence d'éléments complexes et les risques auxquels les opérateurs s'exposent, montrent que ces situations, qui vont se multiplier dans les années à venir, rendent nécessaire de recourir à des méthodes d'acquisition en 3D. La lasergrammétrie et la photogrammétrie par drone sont plus rapides, plus sûres et offrent une meilleure visualisation des lieux grâce aux nuages de points qui en résultent. La maquette numérique valorise l'activité de bornage en contribuant à la poursuite de la dématérialisation des procédés et en offrant une représentation synthétique et réaliste de la situation, ce qui favorise la compréhension des propriétaires. Des moyens de partage existent et permettent de concevoir des processus rendant accessible la lecture de la maquette numérique de bornage. Ce travail a donc permis de montrer que l'utilisation de la maquette numérique de bornage est possible. Cependant, des obstacles surgissent pour démocratiser l'utilisation de la maquette numérique de bornage. Pour les franchir, le géomètre doit prendre toutes les précautions afin de respecter les droits à l'image et au respect de la vie privée susceptibles d'être touchés lors des acquisitions ainsi que le droit d'auteur des architectes. De plus, il convient de sécuriser l'usage de cette maquette numérique, en anticipant le choix de la méthode de travail, en imaginant des processus d'authentification des actes foncier numériques grâce aux nouvelles technologies et en incitant l'OGE à faire évoluer ses normes vers des méthodes plus modernes pour l'avenir des actes fonciers. Enfin, pour envisager une méthode accessible à l'ensemble des géomètres-experts, il est important d'observer les enjeux économiques, sociaux et environnementaux qu'elle représente. Malgré les investissements financiers et humains nécessaire, la méthode demeure abordable. Il conviendra néanmoins de surveiller les quantités de données mobilisées et de mettre en œuvre des mesures capables d'éviter, réduire et compenser l'impact du numérique sur l'environnement. Aujourd'hui, les technologies sont si évoluées que les Géomètres-Experts ne peuvent continuer à exercer sans s'adapter. Nous vivons dans une ère avec un ensemble de services qui se numérisent et s'automatisent, notamment avec l'arrivée de l'intelligence artificielle. Il est important de continuer à développer des nouveaux processus nouveaux utilisant ces technologies pour justifier le rôle du Géomètre-Expert et valoriser la profession.

Bibliographie

Ouvrages imprimés

- BOTREL E et POLIDORI L, 2020, *Le pixel et la balance*, LexisNexis, 265 pages.
- GHESTIN J et BARBIER H, 2020, *Traité de droit civil*, LGDJ
- GUINCHARD S et ad. 2020, *Lexique des termes juridiques 2020-2021*, Dalloz
- GUEZO J et NAVARRA P, 2020, *Mon premier projet d'architecture avec Revit*, Eyrolles.
- NETTER E CHAINGNEAU A, 2015, *Les biens numériques*, Ceprisca collection colloques, 242 pages.
- RICHARD D, 2020, *Le droit du BIM*, LexisNexis, 248 pages.

Thèses

- MACHER Hélène, 2017, *Du nuage de points à la maquette numérique de bâtiment : reconstruction 3D semi-automatique de bâtiments existants*, Thèse en vue d'obtenir le grade de docteur, Université de Strasbourg, p.117.

Articles de revues scientifiques ou études dans des encyclopédies juridiques

- ATIAS Christian et GRIMONPREZ Benoit, « Bornage », *Répertoire de droit immobilier Dalloz*, 2016 (actualisé en 2019).
- CHARDEAUX Alice, « *Le clone numérique et le droit* », *RTD Com* [en ligne], 2020, p.13, Disponible sur : <https://www-dalloz-fr.proxybib-pp.cnam.fr/etudiants>, consulté le 28/03/2023.
- CLAUDET Léa et ad. « Bornage conventionnel », *Formulaires Pro acta Droit immobilier, vente d'immeuble et opération d'aménagement*, Lamyline, Mise à jour mai 2020.
- DELEPINE Justin, « *L'insoutenable croissance du numérique* », *Alternatives Économiques* [en ligne], 2020, n° 397, p. 24-27, Disponible sur : <https://www-cairn-info.proxybib-pp.cnam.fr/magazine-alternatives-economiques-2020-1-page-24.htm>, consulté le 31/05/2023.
- GRUSSENMEYER P et LANDES T, 2011, *Lasergrammétrie Terrestre*, Cahiers de Géographie, Collection EDYTEM, pages 11-28
- RICHARD David, « *Le BIM à l'épreuve du droit des biens* », *RDI* [en ligne], Disponible sur : <https://www-dalloz-fr.proxybib-pp.cnam.fr/etudiants> , consulté le 28/03/2023.

Mémoires et travaux de fin d'études

- BATTISTELLA Claire, 2022, *Le plan de bornage : quelles différences de compréhension par les propriétaires, selon les méthodes employées ?* Mémoire Ingénieur ESGT, Le Mans, p.81.
- DELALANDE Julie, 2021, *Le respect du contradictoire est-il dématérialisable dans l'acte foncier réalisé par le géomètre-expert ?* Mémoire Ingénieur ESGT, Le Mans, p. 74.
- DURAND Michel, 2017, *Les opportunités, l'utilités et les conditions de la réalisation d'un procès-verbal de bornage contradictoire sans matérialisation physique sur le terrain*, Mémoire Ingénieur ESGT, Le Mans, p. 83.
- EZANNIC Romain, 2016, *Intégration des données foncières et juridiques dans un processus BIM : analyse de la plus-value apportée par le géomètre-expert et enjeux pour la profession*, Mémoire Ingénieur ESGT, Le Mans, p. 79.
- GUILLAUME Mickael, 2017, *Évolution du bornage contradictoire : du terrain au tout numérique*, Mémoire Master Foncier ESGT, Le Mans, p. 114.
- LECLERCQ Benoit, 2017, *Transformation numérique et détermination des limites foncières, une plus-value pour la profession ?* Mémoire Géomètre-Expert DPLG, Le Mans, p. 63.
- VARIN Baptiste, 2015, *Les opportunités et l'utilité de l'utilisation de la photogrammétrie aérienne par drone dans la réalisation d'un procès-verbal de bornage et de reconnaissance de limite*, Mémoire Ingénieur ESGT, Le Mans, p. 82.

Documents institutionnels

- OGE, *Recueil des normes ordinales de l'acte foncier*, version mise à jour du 14 décembre 2022.

Articles de revues professionnelles ou généralistes

- Propos recueillis par RAVELET M, « *Un monopole en 3D* », *Géomètre*, juin 2016, n°2137, p.14-15.
- POLIDORI L, « *Des nouveaux moyens et des opportunités* », *Géomètre*, juin 2016, n°2137, p. 33-42.
- BEZARD FALGAS P, « *Géofoncier le big data du foncier* », *Géomètre*, mars 2019, n°2167, p.30-58.

- MAYO M, « *La 3D change les perspectives* », Géomètre, avril 2021, n°2188, p. 10-11.
- MAYO M, « *BIM dans l'existant, l'atout drone* », Géomètre, novembre 2017, n°2152 p. 12-15.

Dispositions législatives et réglementaires

Réglementation européenne

- Règlement (UE) n°910/2014 sur l'identification électronique et les services de confiance pour les transactions électronique au sein du marché intérieur dit « eiDAS ».
- Règlement (UE) n°2019/947 concernant les règles et procédures applicables à l'exploitation d'aéronefs sans équipage à bord du 24 mai 2019.

Codes

- Code Civil
- Code de la propriété intellectuelle
- Code du travail
- Code des transports

Lois

- Loi du 7 mai 1946 instituant l'ordre des géomètres expert
- Loi du 13 mars 2000 portant adaptation du droit de la preuve aux technologies de l'information et relative à la signature électronique.
- Loi du 13 décembre 2000 relative à la Solidarité et au Renouvellement Urbain
- Loi du 24 mars 2014 pour l'accès au logement et un urbanisme rénové
- Loi du 22 août 2021 portant lutte contre le dérèglement climatique et renforcement de la résilience face à ces effets

Décrets

- Décret du 31 mai 1996 portant règlement de la profession de géomètre-expert et code des devoirs professionnels
- Décret n° 2022-1397 du 2 novembre 2022 portant application de l'article L. 6224-1 du code des transports relatif au régime encadrant la captation et le traitement des données recueillies depuis un aéronef dans certaines zones

Arrêtés

- Arrêté du 3 décembre 2020, relatif à l'utilisation de l'espace aérien par les aéronefs qui circulent sans personne à bord.

- Arrêté du 27 décembre 2019 définissant les caractéristiques techniques des dispositifs de signalement électronique et lumineux des aéronefs circulant sans personne à bord

Jurisprudences

- Cass. 1^{ère} civ, 21 mars 2006, n°05-16.817
- Cass. 3^{ème} civ, 8 février 1983
- Cass. Soc. 14 décembre 2022, n°21-19-841
- CA Aix en Provence 4 août 1995
- CA Paris, 4^{ème} ch, sect B, 5 mars 1999

Entretiens

- Entretien avec M. BEZARD FALGAS, Directeur Général de la SAS Géofoncier, vendredi 21 avril 2023

Webographie

- Administration du Cadastre et de la topographie (Luxembourg), *Effort de digitalisation de l'administration du cadastre et de la topographie : lancement du nouvel outil LiDAR*, disponible sur : <https://act.gouvernement.lu/fr.html>, consulté le 15/03/2023
- Autodesk, Configuration requise pour les produits Revit 2022, disponible sur : <https://www.autodesk.fr/support/technical/article/caas/sfdcarticles/sfdcarticles/FRA/System-requirements-for-Autodesk-Revit-2022-products.html> consulté le 28/06/2023
- Assurance Maladie, *Chutes : un risque professionnel sous-estimé*, disponible sur : <https://www.ameli.fr/entreprise/sante-travail/risques/chutes/risque-sous-estime> consulté le 05/06/2023
- CNRS, *Terres rares : le paradoxe environnemental*, disponible sur : <https://www.insu.cnrs.fr/fr/cnrsinfo/les-terres-rares-le-paradoxe-environnemental>, consulté le 29/06/2023
- Dictionnaire Larousse en ligne, disponible sur : <https://www.larousse.fr/dictionnaires/francais>
- DJI, disponible sur www.dji.com , consulté le 10/05/2023
- e-Cassini, disponible sur : <https://www.e-cassini.fr/> consulté le 10/05/2023

- Geomesure, *Blog Geomesure : Comment devenir télépilote drone ?* disponible sur <https://blog.geomesure.fr>, consulté le 02/05/2023
- Géofoncier, Géofoncier EXPERT, disponible sur : https://site-expert.geofoncier.fr/?utm_source=geofoncier.fr&utm_medium=Referral&utm_campaign=btn-menu, consulté le 07/03/2023
- Géoportail de la Confédération Suisse disponible sur : <https://map.geo.admin.ch>
- Géoportail Luxembourgeois disponible sur : <https://www.geoportail.lu/fr>
- INSEE, *Une personne sur six n'utilise pas internet, plus d'un usager sur trois manque de compétences numériques de bases*, disponible sur <https://www.insee.fr/fr/statistiques/4241397#titre-bloc-9>
- INSEE, *Toujours plus d'habitants dans les unités urbaines*, Disponible sur : <https://www.insee.fr/fr/statistiques/:~:text=Une nouvelle délimitation des unités,était de 50,1 millions>. Consulté le 27/06/2023
- Plan BIM 2022, orelie-bim.fr consulté le 10/06/2023
- Ministère de la culture, La grotte de Lascaux, disponible sur : <https://archeologie.culture.gouv.fr/lascaux/fr>, consulté le 04/07/2023.

Table des annexes

Annexe 1 Photographies illustrant des situations risquées lors de levés de bornage.....	48
Annexe 2 Notice géoréférencement d'une maquette numérique sur le logiciel Autodesk Revit	49
Annexe 3 Extrait du Recueil des normes ordinales de l'acte foncier précisant les exigences graphiques pour celui-ci (source : OGE).....	50
Annexe 4 Maquette numérique de bornage du dossier Quai Saint-Laurent à Orléans	51
Annexe 5 Modèle de courriel envoyé aux propriétaires en vue de partager la maquette numérique de bornage	52
Annexe 6 Estimation du coût du bornage amiable selon la méthode employée	53

Annexe 1

Photographies illustrant des situations risquées lors de levés de bornage.



Les photos 1 et 2 sont issues du dossier d'un bornage contradictoire réalisé en plein cœur de la ville d'Orléans. Elles montrent la dangerosité des accès qu'il a fallu emprunter pour comprendre au mieux la situation.



La photo 3, montre l'accès à potentiellement dangereux à une toiture dans une autre situation de bornage contradictoire, ceci dans le but d'observer les éléments pouvant caractériser la nature du mur visible sur la photo.



La photo 4, illustre un mur de plusieurs mètres de haut dont le levé représente un danger par méthode traditionnelle en raison du risque de chute. Il s'agit du site ayant fait l'objet d'une maquette numérique de bornage.

Annexe 2

Notice géoréférencement d'une maquette numérique sur le logiciel Autodesk Revit

Cette notice présente la méthodologie pour géoréférencer la maquette numérique sur le logiciel Autodesk Revit. Elle fait partie d'un ensemble de notices destinées à l'entreprise d'accueil afin de répondre au enjeux que représente la formation des géomètres (II.3.2) pour démocratiser l'usage de la maquette numérique de bornage.



Méthode Géoréférencement d'un projet Revit

Prérequis:

Création d'un projet (Nouveau projet → Gabarit architectural), compréhension de l'arborescence d'un projet Revit.

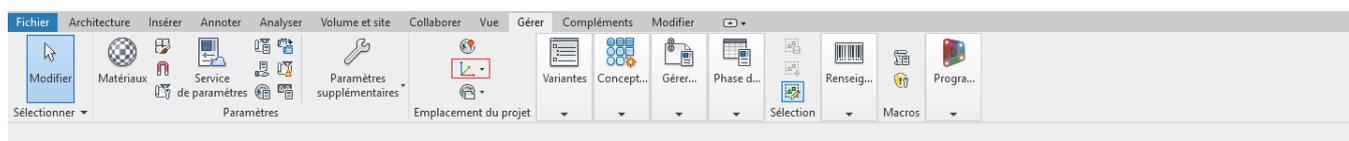
Géoréférencement d'un nuage de point obtenu par drone ou scanner 3D.

Objet: la présente notice a pour vocation de proposer une méthodologie permettant le géoréférencement d'un projet REVIT.

Remarque: il ne s'agit pas vraiment d'un géoréférencement mais plutôt d'intégrer le système de coordonnées du support de la maquette (nuage de point ou plan CAO) afin que la maquette soit construite dans ce système.

Etape 1: Ouvrir un nouveau projet

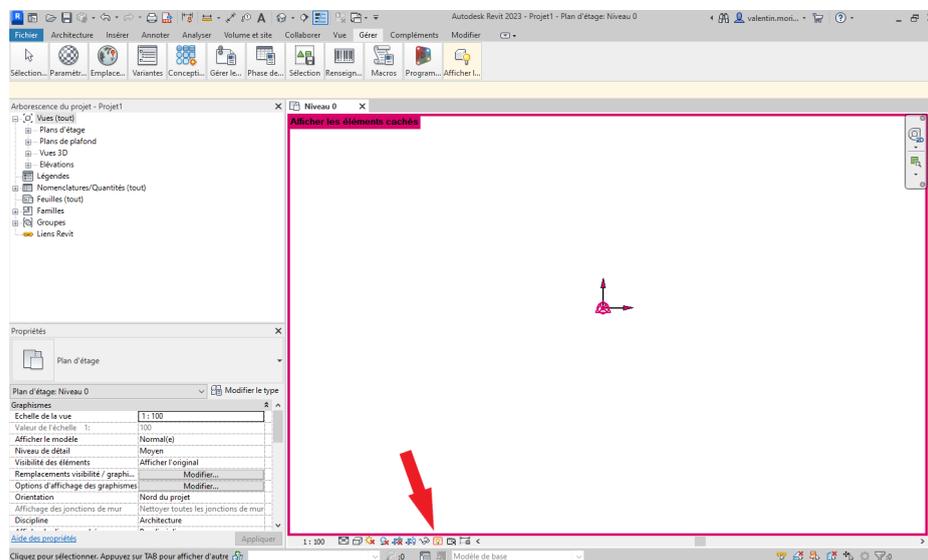
Tous les outils relatifs au système de coordonnées du projet se trouvent dans l'onglet **Gérer** → **Emplacement du projet**.



Etape 2: Affichage du point topographique et du point de base du projet

Dans Revit, 2 points permettent de définir l'emplacement du projet: Le point topographique et le point de base du projet.

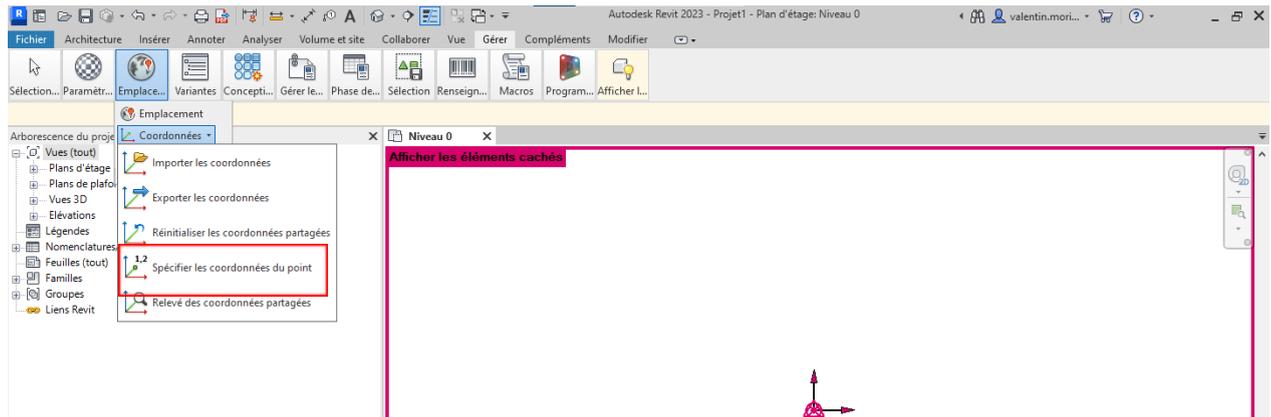
Pour les visualiser il suffit d'afficher les éléments masqués en cliquant sur l'ampoule en bas de votre écran.



Le point topographique (symbole triangulaire) correspond à l'origine du système (0,0,0), le point de base du projet (symbole rond) correspond au point d'insertion de notre nuage de points. Par défaut, lui aussi est placé à l'origine. On va donc modifier ses coordonnées pour lui indiquer les coordonnées dans le système de référence voulu.

Étape 3: Modification des coordonnées du point de base du projet.

Pour cela on va utiliser l'outil *Spécifier les coordonnées du point* (Cf. Capture d'écran ci-dessous).



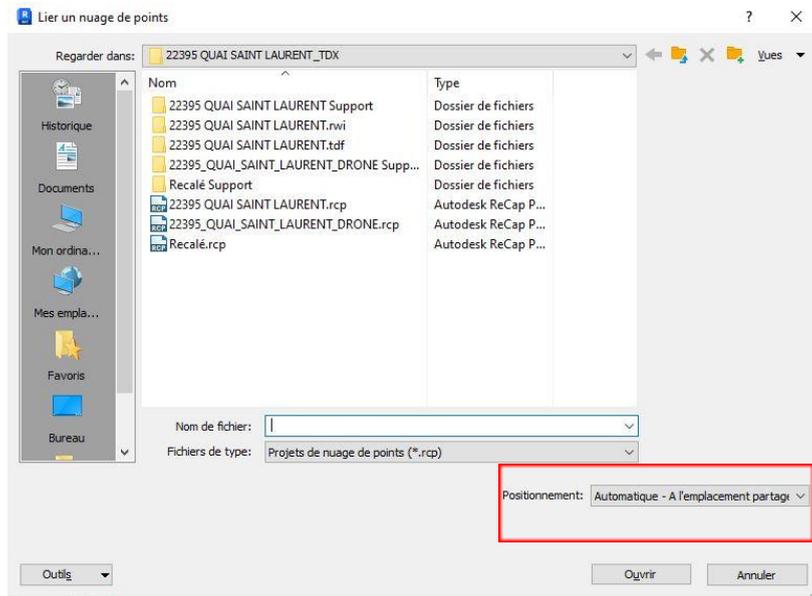
Cliquer sur le point, la fenêtre suivante s'affiche:

Indiquez les coordonnées d'un point connu du nuage de point (une cible ou une station relevé par GNSS par exemple). Un fois validé, le point de base du projet s'est déplacé vers les coordonnées indiquées.

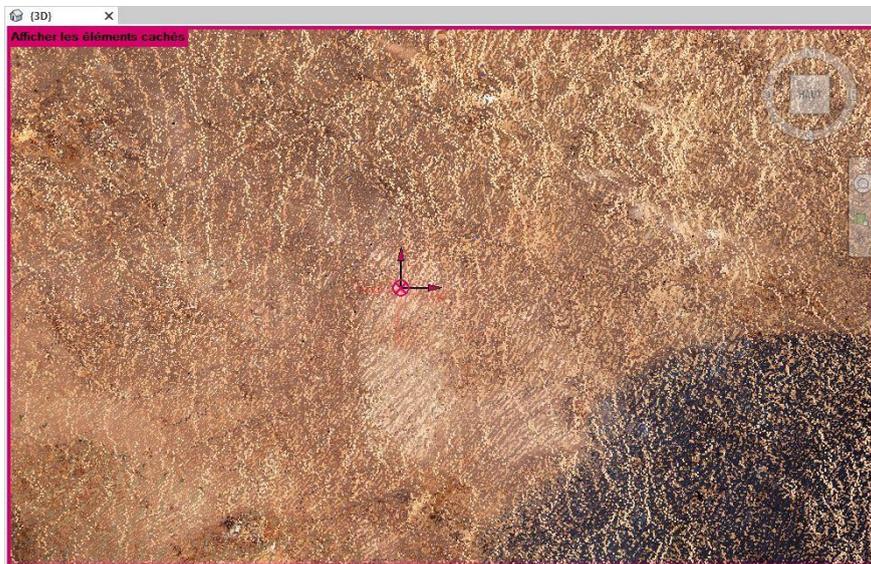
Etape 4: Insertion du nuage de point

Vous pouvez à présent insérer votre nuage de points (préalablement été géoréférencé) dans votre projet. (**Onglet Insérer → Nuage de point**)

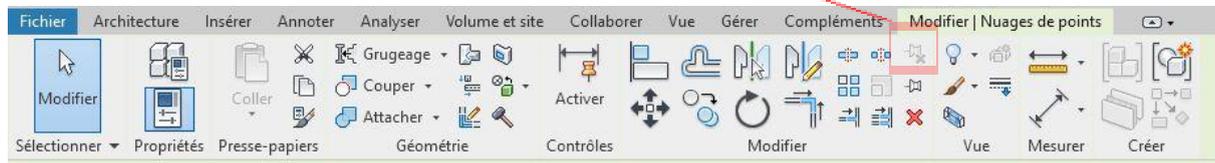
Attention: pensez à spécifier *Automatique- À l'emplacement partagé* dans les options de positionnement



Votre nuage s'est normalement inséré à l'emplacement indiqué, le point dont les coordonnées ont été indiqué et le point de base du projet doivent se superposer. (exemple ci-dessous)



Penser à verrouiller le nuage pour qu'il ne bouge plus, pour cela cliquer sur le nuage puis cliquer sur la punaise présente dans les outils ci-dessous.



Annexe 3

Extrait du Recueil des normes ordinales de l'acte foncier précisant les exigences graphiques pour celui-ci (source : OGE)



Référence à la délibération du Conseil supérieur : 17/10/2018

« Le Conseil supérieur valide la note de procédure sur la représentation graphique de l'acte foncier »

Dans un but d'homogénéisation pour une meilleure lecture par l'ensemble des professionnels et ayants-droits qui consultent les actes fonciers des géomètres-experts,

Dans l'optique de la publication de certains actes fonciers,

La représentation graphique de l'acte foncier doit tendre vers le respect des principes suivants :

Limite certaine existante préalablement à l'acte foncier visé :

Représentation en trait bleu continu ou mixte à l'instar de la représentation des limites reportées dans le RFU.



Limite nouvelle définie dans l'acte foncier visé :

Représentation en trait rouge continu à l'instar de la représentation des limites nouvelles reportées dans les DMPC.



Limite de fait :

Représentation en trait vert continu ou mixte



Application cadastrale :

Représentation en trait bistre (marron orangé) mixte



Ces couleurs peuvent être reprises pour les bornes, repères et cotations.

La liste des éléments obligatoires devant figurer sur les pièces graphiques comprend notamment

- La nature du document (plan, croquis ...)
- La flèche Nord
- L'échelle (il est préconisé une échelle graphique dans le cadre de la fourniture de documents dématérialisés)



RECUEIL DES NORMES ORDINALES SUR L'ACTE FONCIER

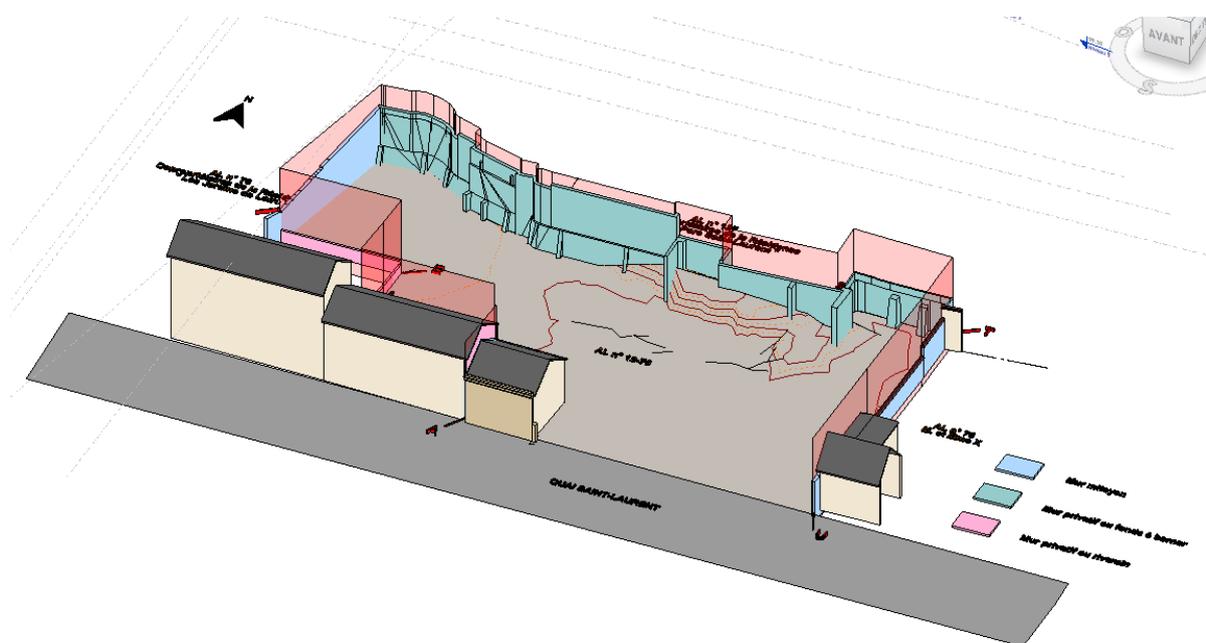
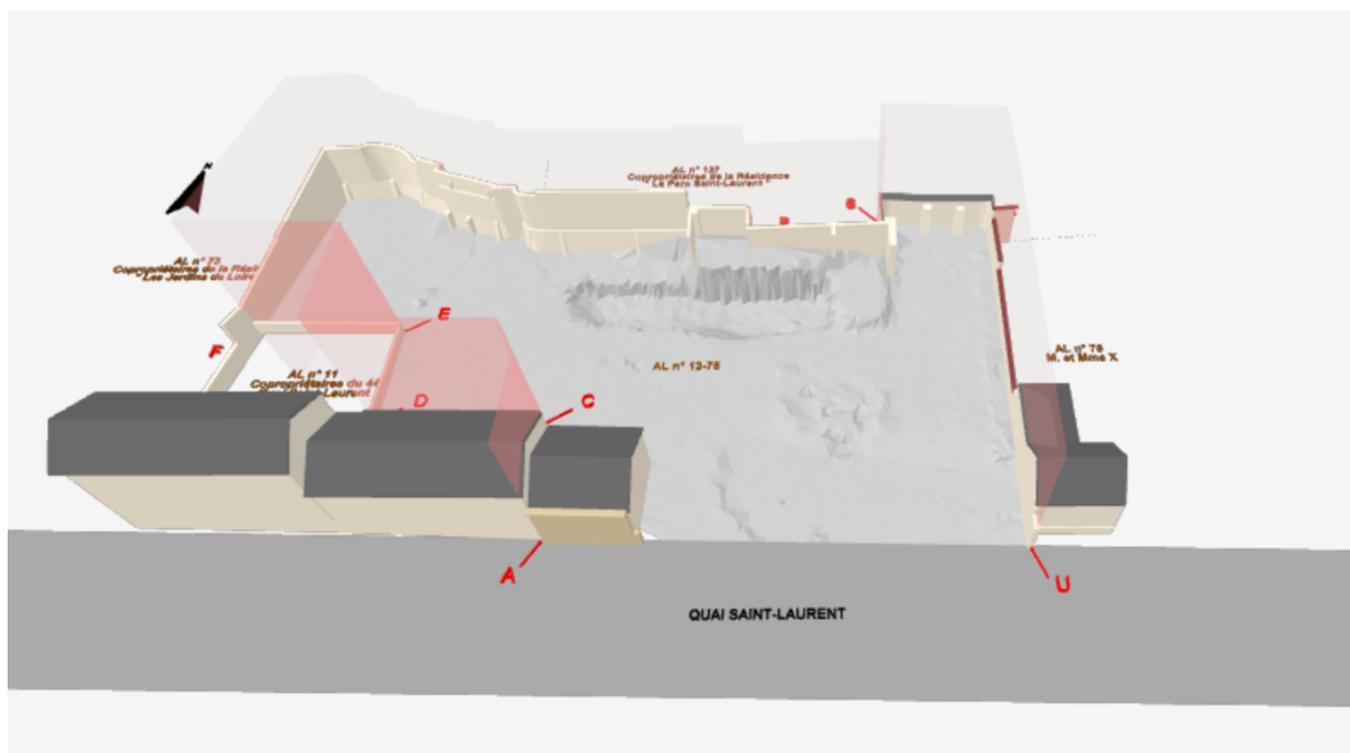
Mise à jour 14 décembre 2022

Page 27/302

- La cotation entre les repères de limites, le long des limites.
- La légende
- Identification cadastrale des propriétés

Annexe 4

Maquette numérique de bornage du dossier Quai Saint-Laurent à Orléans



La maquette est proposée ici dans deux versions réalisées dans le cadre de l'étude. Une première plus réaliste et une seconde proposant de différencier la nature mitoyenne ou privative des murs par des couleurs.

Annexe 5

Modèle de courriel envoyé aux propriétaires en vue de partager la maquette numérique de bornage

Madame, Monsieur,

Vous êtes concernés par une procédure de bornage de la parcelle cadastrée, la situation des lieux révèle une complexité qui a rendu l'opération délicate et l'établissement d'un plan de bornage difficile. Ainsi ce dernier est remplacé par une Maquette Numérique de Bornage (ou Acte Foncier 3D). Cette dernière vous permettra, nous l'espérons, une meilleure compréhension de la situation des lieux afin d'aboutir à un accord sur la limite proposée.

Vous trouverez un guide étape par étape permettant la consultation de la maquette en cliquant sur le lien suivant : <https://drive.google.com/file/d/12Qa8jbmHGiXHzeMdqcDPNU8AoQwbDgrk/view?usp=sharing>

Lien vers la maquette numérique :

<https://www.geocassini.fr/app/projects> **(Ne pas cliquer avant d'avoir consulté le guide)**

Après consultation de celle-ci, le procès-verbal de bornage est à signer en cliquant sur le lien ci-dessous :

(Lien généré automatiquement lors de la création de la collecte de signature)

Nous vous serions reconnaissants de bien vouloir le signer électroniquement dans les meilleurs délais.

Annexe 6

Estimation du coût du bornage amiable selon la méthode employée

Estimation du coût du bornage amiable selon 2 méthodes (Dossier Quai Saint Laurent)					
Méthode traditionnelle			Méthode 3D		
Activités	Temps	Montant Hors taxe	Activités	Temps	Montant Hors taxe
Convocation des parties	1	70	Convocation des parties	1	70
Rendez-vous contradictoire	2,5	175	Rendez-vous contradictoire	2,5	175
Relevé et rattachement	7,5	525	Relevé 3D et rattachement	3	210
Traitement du relevé	1	70	Traitement du relevé	1,5	105
Établissement du plan de bornage	9	630	Établissement d'une Maquette Numérique Foncière	20	1400
Mise en place de bornes ou repères	2	140	Mise en place de bornes ou repères	2	140
Rédaction du Procès-verbal de bornage	4	280	Rédaction du Procès-verbal de bornage	4	280
Signature du Procès-verbal par voie dématérialisée	1,5	105	Signature du Procès-verbal par voie dématérialisée	1,5	105
Export RFU	0,5	35	Export RFU	0,5	35
	Total HT €	2030		Total HT €	2520
	Total TVA 20%	406		Total TVA 20%	504
	Total TTC €	2436		Total TTC €	3024

Nota : montant calculé sur la base d'un tarif horaire de 70 € hors taxes.

Les différentes tâches ont été définies avec l'un des géomètre-expert du cabinet, il s'agit des différentes étapes qui sont considérées lors de l'élaboration du devis d'un bornage dans l'entreprise d'accueil. D'autres comparaisons pour des bornages complexes montrent des écarts de prix similaires entre la méthode traditionnelle et la méthode 3D.

Liste des figures

Figure 1 : Position de la limite selon l'appartenance d'un mur (production personnelle)	12
Figure 2 : Extrait PVBN (source : ab associés).....	12
Figure 3 : Schéma illustrant la mitoyenneté partielle entre deux bâtiments (source : OGE).....	13
Figure 4 : Schéma de caractérisation d'un bornage complexe (production personnelle)	15
Figure 5 : dji Phantom 4 RTK (source : dji)	15
Figure 6 : Trimble X7 (source : geomesure).....	16
Figure 7 : Extrait de la visite virtuelle de la grotte de Lascaux (source : ministère de la Culture)...	20
Figure 8 : Chaperons modélisés avec Revit (production personnelle).....	23
Figure 9 : Limite de propriété modélisé avec Revit (production personnelle).....	23
Figure 10 : Visualisation du cadastre suisse en 3D (source : Office fédérale de topographie swisstopo).....	24
Figure 11 : Interface Geocassini présentant la maquette numérique de bornage du dossier Quai Saint-Laurent à Orléans	26

Liste des tableaux

Tableau 1 : Temps d'acquisitions du levé Quai Saint-Laurent par différentes méthodes.....	16
Tableau 2 : Bilan carbone d'un PVBN papier et dématérialisé	40

L'opportunité de l'utilisation d'une maquette numérique pour le bornage et l'apport de la 3D pour envisager l'avenir de l'acte foncier

Mémoire d'Ingénieur C.N.A.M., Le Mans 2023

RESUME

L'ère numérique et l'incessante évolution technologique que nous vivons offrent des opportunités de plus en plus marquées pour repenser les méthodes de travail du Géomètre-Expert. Encouragée par les méthodes d'acquisitions tridimensionnelles comme la lasergrammétrie et la photogrammétrie, la maquette numérique au cœur de la transition numérique permet alors de créer un véritable acte foncier 3D. Celui-ci offre de nombreux avantages, notamment en termes de compréhension et de dématérialisation.

Néanmoins, il existe des obstacles juridiques, techniques, économiques, sociaux et environnementaux à franchir pour démocratiser son usage.

Mots clés : bornage, maquette numérique, dématérialisation, acte foncier, drone, scanner 3D

SUMMARY

The digital era and the unstoppable evolution of high technologies that we live, offer opportunities to renew chartered surveyor's work method. Encouraged by 3D measurement methods such as 3D scanning and photogrammetry, digital model is at the heart of digital change, it allows to create 3D property deed with many advantages as understanding and digitalization.

However, there are obstacles to overcome to democratize the use of the last. This may be legal obstacle, economic obstacle, social obstacle and environmental obstacle.

Key words: boundary marking, digital model, digitalization, property deed, UAV, 3D scanner