

La Charte d'éthique de la 3D, réflexions et mise en application

Du LiDAR terrestre en milieu urbain à la Charte d'éthique de la 3D

Richard Mongeau a.-g., M.Sc.

Division de la géomatique de la Ville de Montréal (Québec)

La Charte d'éthique de la 3D a été lancée et signée officiellement pour la première fois en février 2010. Elle a, depuis ce temps, parcouru beaucoup de chemin et ses adhérents, nombreux et d'horizons multiples, en démontrent régulièrement l'intérêt et le besoin. Nous avons plusieurs fois eu l'occasion d'en faire état dans ce magazine.

Il nous a semblé important cette fois-ci de proposer un éclairage différent sur cette Charte et sa mise en application pratique : nous consacrerons donc, sur plusieurs numéros, un dossier dédié à cette mise en pratique de l'éthique à travers différents retours d'expérience.

Pour ce premier volet nous avons demandé à un arpenteur-géomètre québécois de nous apporter son témoignage *. D'autres contributions (professionnels, collectivités...), francophones ou non, seront publiées ultérieurement.

Hervé Halbout

Suite aux récentes avancées des technologies et logiciels, les champs d'activités de la représentation et du mesurage des éléments du territoire sont maintenant prati-

cables en 3D. De la collecte des données à la diffusion des produits, il n'est plus imposé de transposer notre environnement réel 3D sous forme 2D. Des levés laser terrestre à la Charte d'éthique de la 3D, le cheminement parcouru par l'équipe de cartographie et des levés spéciaux de la ville de Montréal est fortement tributaire de l'exercice de la profession d'arpenteur-géomètre et du milieu urbain dans lequel il évolue. Plus de sept années d'expérimentations et de réalisation de projets 3D permettent aujourd'hui de bien définir ses bases et d'émettre certains constats qui sont ici présentés.

Le législateur a confié un exercice exclusif à l'arpenteur-géomètre dans la pratique de sa profession dans le domaine foncier, ainsi que dans les activités de géodésie et de contrôle photogrammétrique s'y rapportant. Selon Constant Rivest, éminent confrère : « L'arpenteur-géomètre est le spécialiste du mesurage de distances, de superficies et de volume. Sa formation universitaire est en ce sens. Il apprend à mesurer et à évaluer la précision avec laquelle il mesure. Il connaît les sources d'erreur et la façon d'y remédier. C'est par sa compétence et sa formation, son expertise en mesurage, qu'il se

distingue dans d'autres secteurs, tels les levés hydrographiques, l'alignement de précision, l'arpentage de construction, la cartographie, etc. ».

En 2004, la division de la Géomatique produisait par photogrammétrie aérienne sa première maquette numérique du bâti 3D du territoire de l'île de Montréal, afin de promouvoir les projets de développement « Montréal 2025 ». L'année suivante, d'autres technologies de collecte de données géospatiales 3D (station totale jumelée à un logiciel de dessin CAD 3D (DAO mobile), LiDAR aérien et terrestre) étaient expérimentées. De 2006 à 2010, l'engouement pour l'application des levés LiDAR terrestre dans des projets spéciaux 3D d'aménagement urbain était tel que cela a constitué une grande partie des mandats de travail sur la 3D. Avec les années, le constat s'est imposé quant à la nécessité d'y combiner d'autres technologies, afin de répondre efficacement aux besoins des projets 3D.

Curieux retour des circonstances, il y a présentement un intérêt marqué au Québec pour les applications des levés LiDAR. Les conférences et formations de l'heure en géomatique, pour

* Nous avons tenu à garder les québecismes du texte.

lesquelles je suis sollicité comme spécialiste, portent sur ce sujet. Cette situation semble s'expliquer par une offre plus variée de différents systèmes *LiDAR*, leur prix plus accessible et l'amélioration des logiciels de traitement des nuages de points. De plus, la simple visualisation d'un important

chacun des points mesurés en complément d'autres paramètres, tels que les angles de réflexion des signaux, les caractéristiques de l'objet *scanné* et les conditions climatiques. On se retrouve avec une hétérogénéité de la précision des points captés dans un environnement, phénomène faci-

Expertise en collecte et traitement 3D

Le balayage *laser* dynamique sur des plates-formes mobiles (camion, hélicoptère, avion, bateau, etc.) permet souvent un relevé en continu d'un territoire donné. En milieu urbain, on privilégie habituellement l'utilisation d'un balayeur *laser* en mode statique étant donné les contraintes d'accessibilité aux zones à relever et le haut degré de précision attendue. Aujourd'hui, les urbanistes, les architectes, les ingénieurs ou les arpenteurs-géomètres exigent une précision centimétrique pour leurs travaux professionnels. On a alors besoin de regrouper plusieurs sessions de balayage pour couvrir la zone de travail. Cet « alignement des scans » débute en prenant une première session comme référence. Par la suite, on y joint une autre session en utilisant des points communs captés dans chacune d'elles. Des logiciels réalisent ces corrélations en nous permettant de définir certains paramètres tels que l'écart maximal permis entre la position d'un même point dans deux sessions. On obtient comme résultat de traitement un sommaire des points ayant rencontré les critères. Ces points de contrôle sont habituellement tirés directement des nuages de points captés de l'environnement, qui eux sont assujettis aux incertitudes difficilement contrôlables du captage. Un deuxième



Figure 1 : Nuages de points du projet CHUM en 2006.

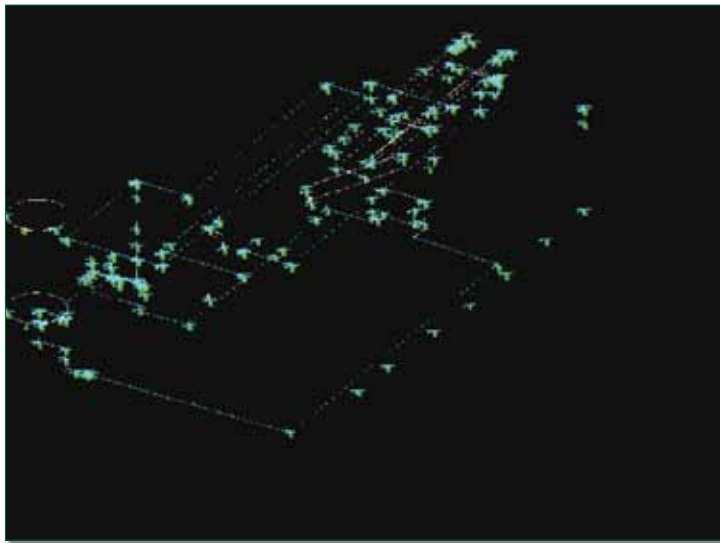
nuage de points d'un secteur bâti d'une ville a de quoi emballer tout amateur de représentation du territoire : quelle richesse de détails on peut percevoir dans cette reconstitution virtuelle du monde réel !

Car c'est bien de cela qu'il s'agit : une perception. Celle d'instruments qui mesurent le temps de vol aller-retour de signaux *laser* qu'ils balayent et qui sont réfléchis par une multitude de surfaces de différentes constitutions présentes dans l'environnement. Ces appareils de mesure sont installés en mode statique sur trépied ou en mode dynamique sur un camion ou dans un avion. Ils se caractérisent principalement par le type de *laser* utilisé (classe, longueur d'onde, couleur, divergence, nombre maximal de points/seconde, portée...), la zone et la densité possible du captage, le système de mesure du temps de vol et les qualités instrumentales de l'appareil. Tous ces éléments viennent influencer la précision de

lement vérifié dans nos différents projets. On parle ici de milliers de points captés par seconde. Par ailleurs, ces points ne sont pas une finalité en soi, mais des données brutes qui devront être traitées selon un certain processus, afin d'en tirer les mesures ou modélisation 3D souhaitées. Bien sûr, le marketing des entreprises fabricantes des appareils de mesure annonce des précisions au positionnement des points, mais cela ne constitue que des indications sommaires. Pour un expert de la mesure cela demande à être validé et complété en fonction des conditions d'opération.

Constant ID	Scan/old	Scan/old	Type	Status	Weight	Error	Error Vector
Tag#D: R1	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,008 m	(0,007, 0,002, 0,007) m
Tag#D: R12	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,007 m	(0,004, -0,001, -0,003) m
Tag#D: R3	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,004 m	(0,003, -0,002, 0,000) m
Tag#D: R4	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,009 m	(-0,003, 0,002, 0,008) m
Tag#D: R5	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,015 m	(-0,001, 0,002, 0,014) m
Tag#D: R6	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,013 m	(-0,003, 0,006, 0,012) m
Tag#D: R7	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,008 m	(0,002, 0,004, 0,007) m
Tag#D: R9	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,011 m	(0,003, 0,007, 0,007) m
Tag#D: R9	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	Off	1,0000	0,012 m	(0,007, -0,006, -0,000) m
Tag#D: R11	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,014 m	(0,008, -0,006, -0,013) m
Tag#D: R12	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,016 m	(0,002, -0,012, -0,011) m
Tag#D: R14	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,005 m	(-0,004, 0,000, 0,003) m
Tag#D: R15	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,015 m	(-0,004, -0,001, -0,014) m
Tag#D: R16	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,021 m	(-0,011, -0,002, -0,018) m
Tag#D: R17	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,003 m	(0,000, 0,000, 0,003) m
Tag#D: R22	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,007 m	(0,006, -0,004, 0,002) m
Tag#D: R23	obé (Level)	1-7	Coincident: Vertes/Vertes	On	1,0000	0,007 m	(0,005, 0,002, 0,004) m

Figure 2 : Sommaire des écarts des points de calage entre 2 sessions.



Figures 3 (haut), 4 (bas) : levé DAO mobile et levé LiDAR terrestre.



type de point est constitué de cibles qui, par leur définition, permettent d'optimiser l'alignement et le géoréférencement subséquent. Une combinaison des deux options est possible et même souhaitable. On emploie alors les mêmes principes d'ajustement (points de contrôle, de liaison...) ayant fait leur preuve en photogrammétrie. Pour d'autres, les recettes sont souvent très simples et les résultats expéditifs, mais sans aucune responsabilité professionnelle. Par ailleurs, il est bien documenté qu'une journée de levé par *scanneur laser* sur le terrain engendre un rapport multiplicateur de cinq à huit des journées de travail en traitement et modélisation selon les caracté-

ristiques du projet et du personnel impliqué. Cela s'explique par le fait que les opérations automatisées sur les données ne sont pas encore très développées. Raison de plus pour bien effectuer l'alignement des *scans* et ne pas avoir à, éventuellement, recommencer le travail.

Il en va de même pour le géoréférencement. Mal exécuté, il n'aura comme utilité que de localiser le travail en coordonnées géographiques. Bien exécuté, il permettra au professionnel qui fait la conception du projet d'aménagement, ainsi qu'à celui qui en fait la réalisation, de tirer pleinement profit des données et modélisations. La précision de la référence spatiale

se doit d'être dans le même ordre de précision que le captage, c'est-à-dire centimétrique. Elle doit s'appuyer sur des points de contrôle au sol qui ont été validés et publiés afin que les coordonnées associées aux constructions existantes et projetées soient pleinement compatibles avec les interventions devant être exécutées sur le terrain. Suite à nos nombreuses expériences, une méthodologie a été développée.

Elle comporte des instructions à respecter lors des travaux terrain, en complément au balayage par le *scan*, telles que :

- Établissement de stations d'arpentage répondant aux normes des réseaux géodésiques en milieu urbain, faisant appel à des instruments d'arpentage (station totale, niveau géométrique et récepteur GPS) de haute précision et suivi d'une compensation du réseau par moindres carrés ;
- Installation de cibles communes entre deux sessions contiguës de *scan* en nombre suffisant (plus de quatre) et leur répartition dans l'espace afin de bien circonscrire la zone relevée ;
- Relevé par DAO mobile (CAD 3D) des cibles et principaux coins, arêtes et segments des éléments de constructions, par plusieurs stations d'arpentage si possible ;
- Chaînage et mesurage de certains segments des éléments de construction (murs, poutres, marches...) dans les axes horizontaux et verticaux.

Il est à noter que les arêtes et coins des constructions deviennent dans certains cas des points de calage. On établit alors une corrélation entre leur relevé par arpentage et leur modélisation à partir des nuages de points. Ces points viennent suppléer l'absence de cibles dans certains secteurs de l'espace à scanner, particulièrement en hauteur. L'alignement des *scans* s'exécute ensuite avec l'option de pondérer les cibles, les arêtes et coins de construc-

tions, les points communs tirés des nuages de points. L'exigence de précision centimétrique est rencontrée en astreignant le contrôle des nuages de points d'une construction aux points du levé DAO mobile. La précision de ces derniers points d'arpentage est déterminée par analyse par moindres carrés. Ultimement, les chaînages et mesurages de certains murs, poutres et marches viennent valider la précision des éléments modélisés, versus les éléments mesurés.

Les principes de cette méthodologie sont également appliqués, à quelques variantes près, pour les applications du LiDAR terrestre en mode dynamique et pour le LiDAR aérien.

Modélisation, diffusion et Charte d'éthique de la 3D

La modélisation 3D à partir des nuages de points doit naturellement répondre aux fins du projet. Le choix des niveaux de détails souhaités au départ influence la densité et la précision des points captés. Comme on le constate, plus de détail et de précision occasionne des interventions complexes et par conséquent des coûts importants. Bien souvent, la précision centimétrique n'est pas nécessaire en tout point. On peut élaborer des modélisations de divers degrés de détail et précision en faisant appel à une combinaison de technologies de captage (LiDAR terrestre statique et dynamique, DAO mobile, LiDAR aérien, photogrammétrie terrestre et aérienne) dans un même projet et parfois dans une même construction. Mais toute cette diversité dans les produits doit être identifiable, ce qui n'est pas évident à une époque où les produits sont le plus souvent utilisés sous forme numérique.

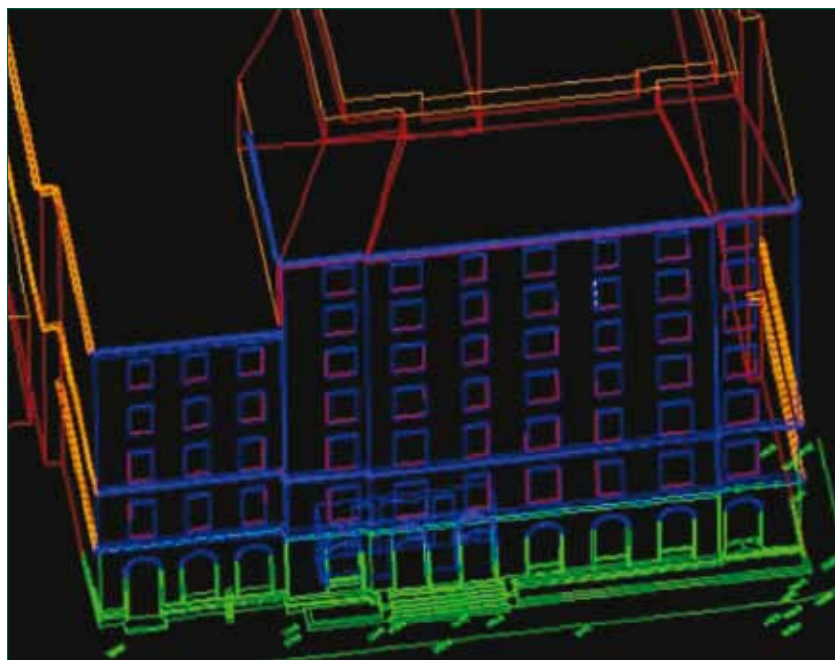


Figure 5 : Modélisation avec différents niveaux de détail et de précision : A, 0 – 4 cm (vert) ; B, 5 - 15 cm (bleu) ; C, plus de 16 cm (magenta) ; D, déduit (rouge).

À la division de la géomatique de la ville de Montréal, on rédige une fiche d'information des produits. Dans le cas des produits CAD 3D, on ajoute aux couches d'informations un suffixe indiquant le niveau de précision de la donnée. Dans l'emploi d'un SIG 3D, on utilise les métadonnées et données descriptives aux éléments constituant la maquette urbaine.

En tout temps, on se réfère à la Charte d'éthique de la 3D, car y sont colligées toutes les compo-

santes morales en accord avec notre pratique professionnelle. Pour les arpenteurs-géomètres de la ville de Montréal, l'application de ce qui définit son principe de crédibilité n'a jamais été négociable. Pour le principe de transparence, on recherche constamment de nouvelles façons de l'appliquer. Depuis peu, on conçoit une présentation PDF 3D de nos produits. Cela reprend en quelque sorte les informations présentes dans la cartouche de nos plans professionnels 2D. ■



Figure 6 : PDF 3D avec cartouche d'information 3DOK.