



Levés photogrammétriques pour les travaux de reconstruction

Simon Gignac g.

Québec, 20 novembre 2018



Qu'est-ce la photogrammétrie ?

Définition :

Technique permettant, à partir d'un couple stéréoscopique de photographies, d'étudier et de définir avec précision les formes, les dimensions et la position dans l'espace d'un phénomène quelconque.

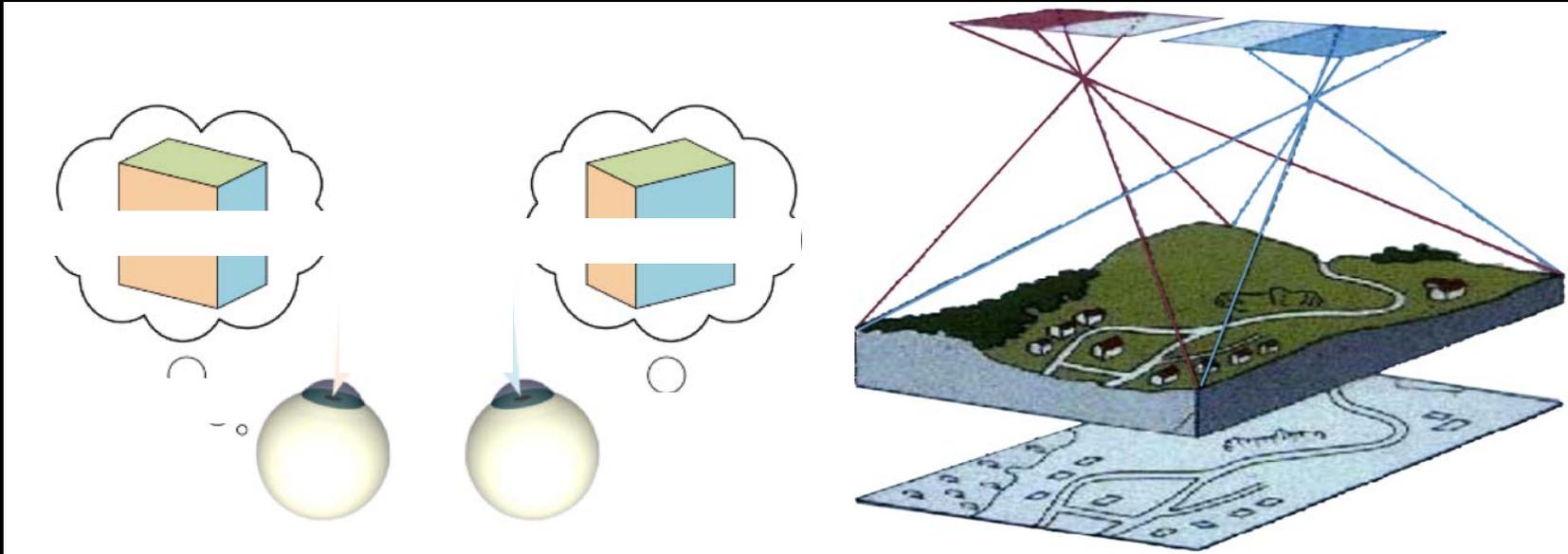
Office québécois de la langue française

Note :

La photogrammétrie permet, notamment, l'établissement des cartes topographiques modernes en prenant comme base des photographies aériennes.



Office québécois de la langue française

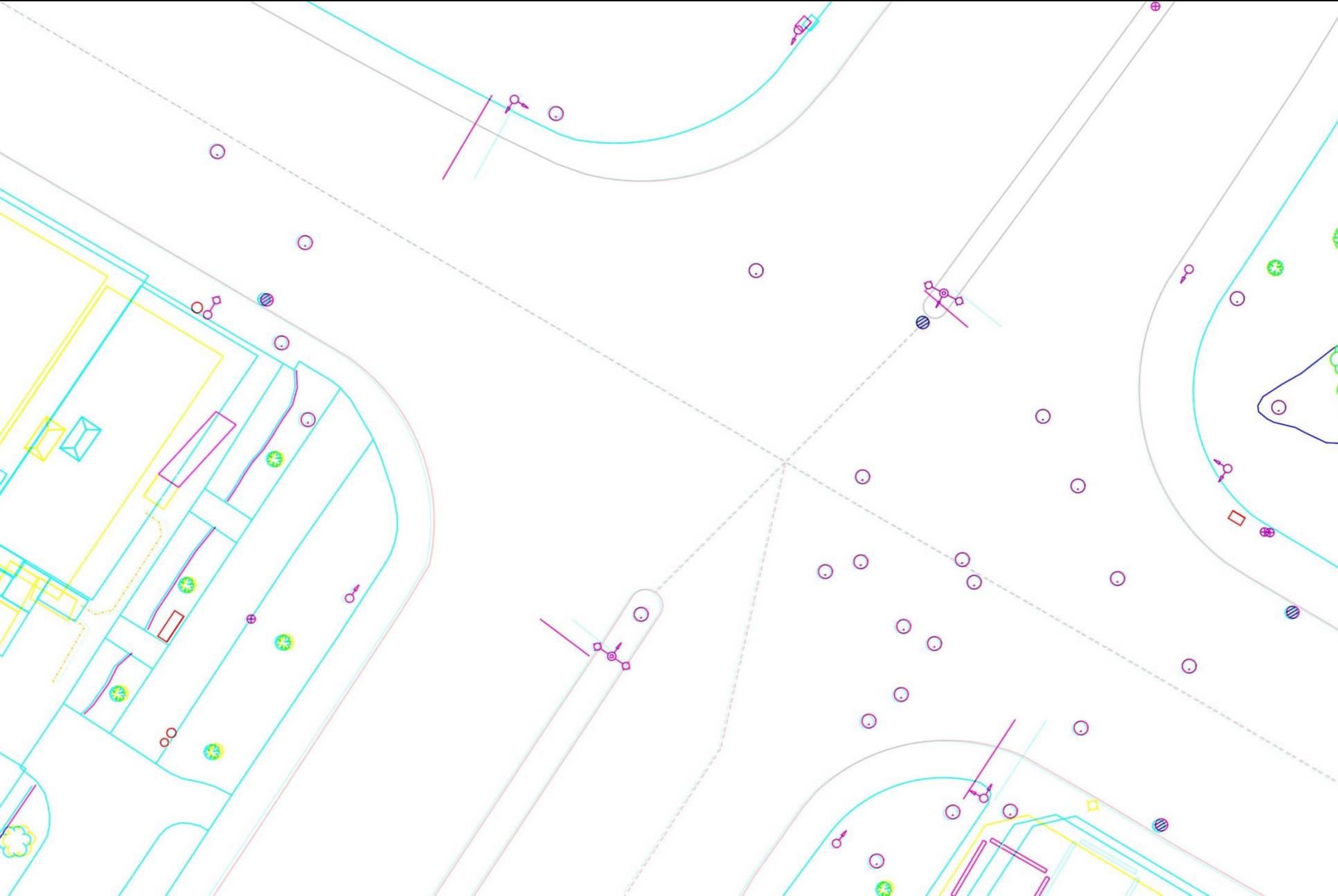


Fonctionnement théorique

Pour que la représentation stéréoscopique soit créée artificiellement dans l'esprit de l'observateur, les deux images observées doivent réunir les conditions suivantes :

- offrir une partie commune ;
- avoir été prises d'un angle différent ;
- une seule image doit parvenir à chaque œil ;
- les deux images doivent avoir sensiblement la même échelle.







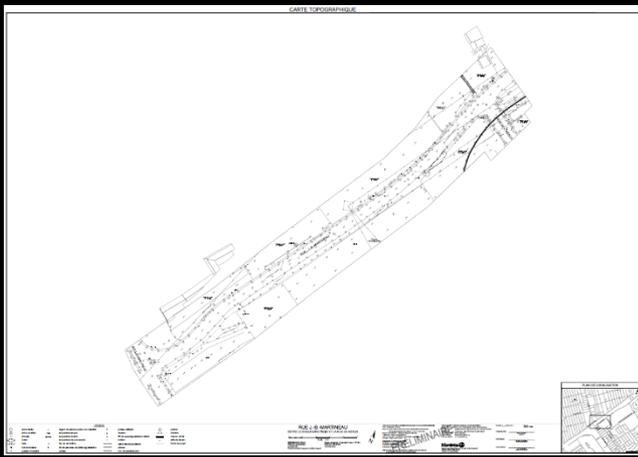
Achat d'un stéréorestituteur (A8), table traçante et autres équipements pour 800 000 \$
Première carte fait par restitution numérique en 1970, une première en Amérique!

Cartographie de base numérique, 1984 à 2013 (norme MERQ)

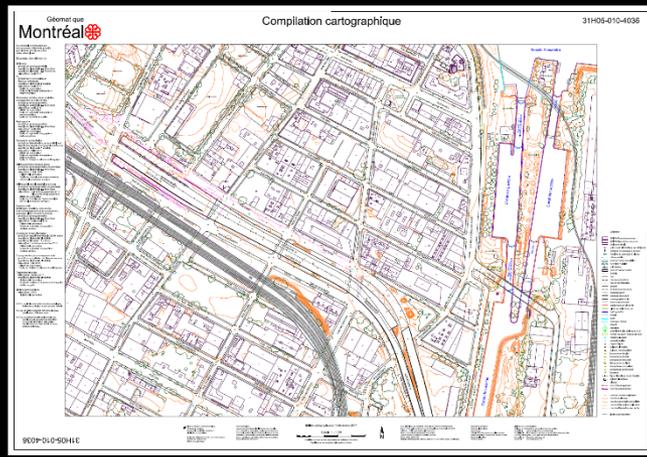
Compilation cartographique, depuis 2014 (norme MTQ adaptée Ville)

Carte topographique, depuis 2017 (norme MTQ adaptée Ville)

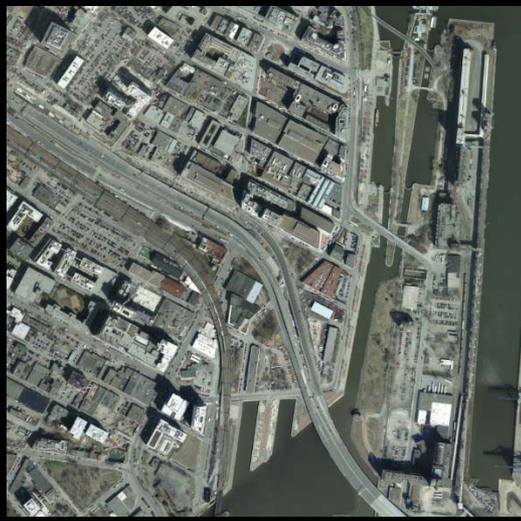
**Carte topographique
restitution**



**Carte de base
restitution**



**Orthophoto / orthophoto véridique
rectification**



**Maquette de base
modélisation**



**Canopée
télédétection et algorithmme**





Le présent guide s'adresse à ceux qui réalisent des levés pour produire les plans topographiques ou les modèles numériques de terrain nécessaires à l'exécution des travaux routiers réalisés par le ministère des Transports du Québec.

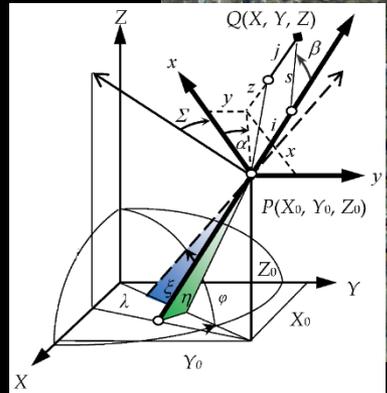
L'objet de ce guide est d'assurer une plus grande uniformité dans le résultat des levés effectués pour le Ministère, en précisant les règles d'interprétation pour la saisie photogrammétrique et pour le levé conventionnel ainsi que le mode de captage et d'édition des détails et la représentation graphique des objets.

Extrait du *Guide de captage de données topographiques*.

des levés pour produire les plans topographiques

précisant les règles d'interprétation pour la saisie photogrammétrique

Photographie numérique, RGBI 16 bits (1,5 gig la photo)



Aérotriangulation des photographies



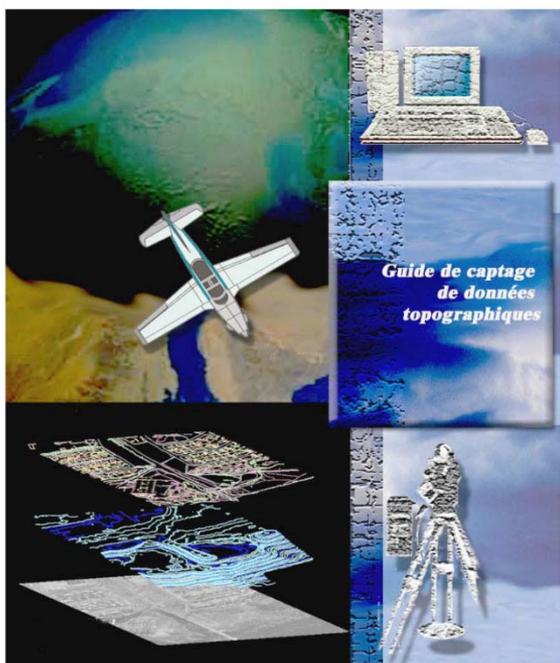
Stéréorestituteur numérique

MANUEL D'ARPENTAGE ET DE GÉOMATIQUE



Québec

Guide de captage
de données
topographiques



Québec
Ministère
des Transports

Août 2009

Guide de captage de données topographiques

Description de la fiche modèle

Nom de l'objet

Définition générale de l'objet, tirée ou inspirée du dictionnaire des entités géographiques du gouvernement du Québec.

Règles d'interprétation pour la saisie photogrammétrique		Règles d'interprétation pour le relevé conventionnel	
Indiquent quels sont les objets, parmi ceux qui correspondent à la définition générale, qui doivent être saisis.		Indiquent quels sont les objets, parmi ceux qui correspondent à la définition générale, qui doivent être relevés.	
Mode de saisie pour la technique photogrammétrique		Mode de relevé pour la technique conventionnelle	
Indique de quelle façon il faut saisir l'objet. L'échelle de la photographie indique sur quel document l'objet est saisi.		Indique de quelle façon il faut relever l'objet.	
		Échelle photo	
		1 : 2500	
		1 : 5000	
		1 : 8000	
		1 : 15000	

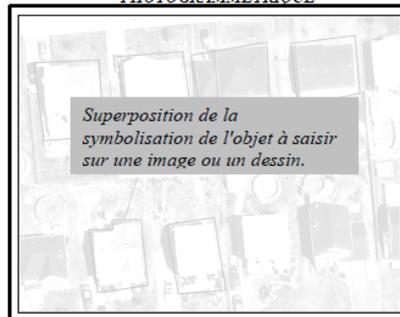
Représentation graphique en AutoCAD							
CALQUE	CODE	TYPE MNT		COULEUR	SYMBOLE	MOTIF DE LIGNE	TRAIT (mm)
		Photo	Terrain				

Représentation

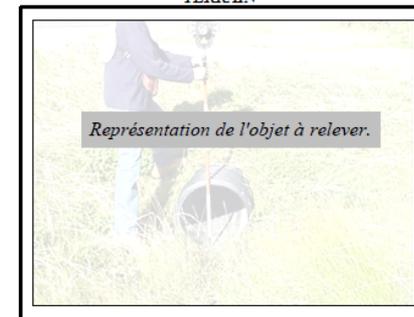
Représentation du symbole et de son origine.

Représentation Image et Vecteur

PHOTOGRAMMÉTRIQUE



TERRAIN



REMARQUES :

Code: Alphabétique

Date de la mise à jour

La famille de l'objet

Section-Code alphabétique

Qu'est-ce les levés d'arpentage ?

L'arpentage implique la pose de repères au sol et la préparation d'un carnet d'arpentage et d'un plan pour décrire les opérations effectuées sur le terrain et illustrer la position des limites.

extrait de l'Office québécois de la langue française



Qu'est-ce la photogrammétrie ?

Technique permettant, à partir d'un couple stéréoscopique de photographies, d'étudier et de définir avec précision les formes, les dimensions et la position dans l'espace d'un phénomène quelconque.

extrait de l'Office québécois de la langue française



Sources

La principale source des levés d'arpentage est la station totale, soit conventionnelle ou robotisée, et la canne à prisme.



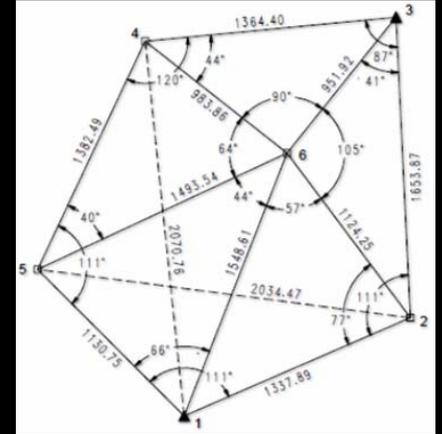
S'appuyant sur un réseau de stations implantées et compensées dans un réseau de repères géodésiques



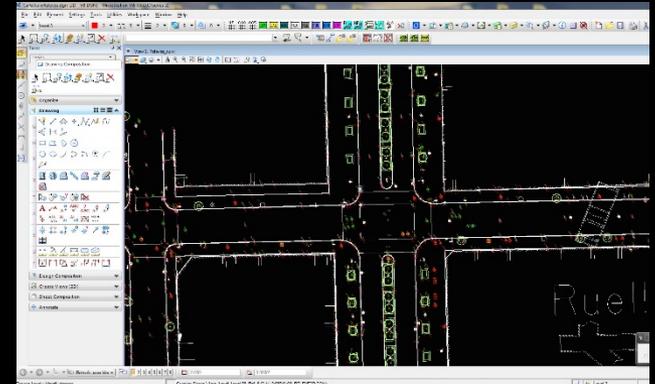
La précision des mesures est de l'ordre de 1 à 3 cm dans la majorité des cas. *

Traitement

La première étape consiste à calculer des coordonnées fixes des stations à l'aide d'un logiciel de compensation. La méthode de calcul utilisée est (par moindres carrés).



Deuxième étape, la mise en plan finale peut ensuite être effectuée par les dessinateurs.



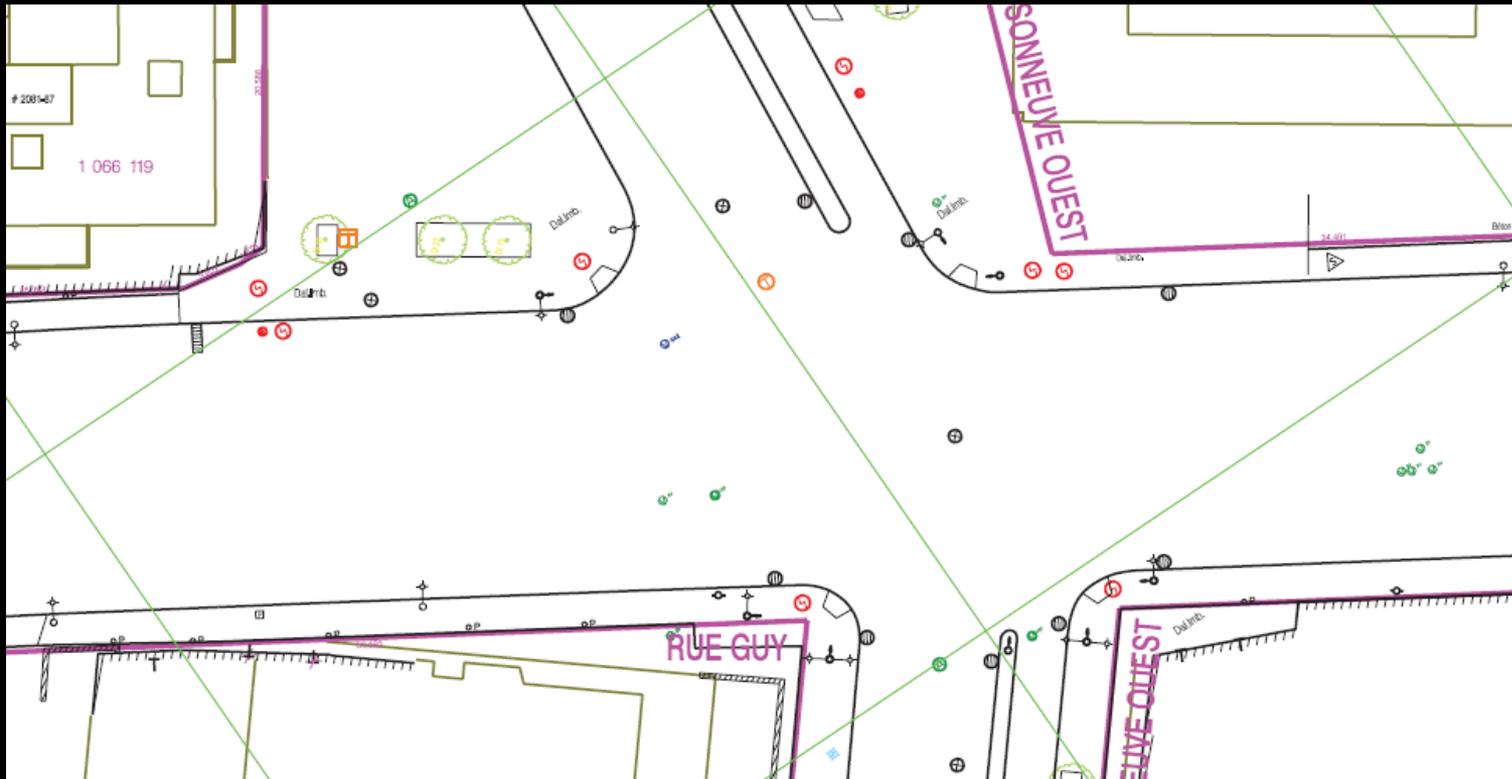
Diffusion

Précision de 1 à 3 cm

Échelle 1 : 200 ou plus petit

Plan papier à l'échelle ou version numérique (PDF, DWG, DGN)

Un plan en xyz géo-référencé de tous les éléments permanents contenus dans l'emprise de la Ville. Soit lignes de trottoirs, cours d'eau, infrastructures, mobilier urbain, végétation, etc.



Sources

Photographie aérienne de haute résolution. Des caméras numériques sont spécialement utilisées pour la prise de photographie.



Points de contrôle au sol. Par la suite, une aérotriangulation est effectuée afin d'ajuster chaque photographie.



Photographie 2016, 6 cm/pixel :

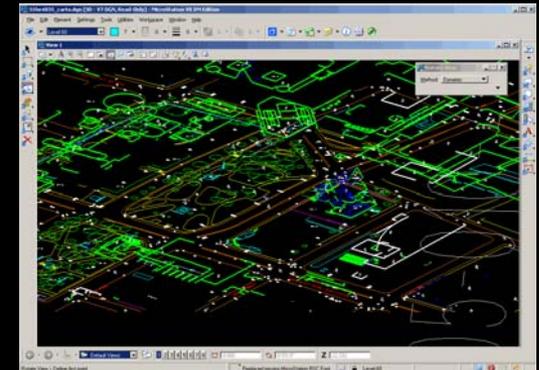
- exactitude avec un écart type +/- 7 cm en relatif, dans la mesure de distance.
- exactitude de +/- 16 cm dans les trois axes en positionnement absolu.

Traitement

L'utilisation de stéréorestituteur numérique pour effectuer la restitution photogrammétrique reliée avec un logiciel de dessin assisté par ordinateur (DAO).



Structuration de données avec les normes de photogrammétrie de Transport Québec (MTQ), elles sont légèrement modifiées afin qu'elles répondent aux besoins de la Ville de Montréal.



Normes du MTQ adaptées au besoin de la Ville.

Les caractéristiques

- Document normé
- Document minuté
- Rapidité de production
- Précision décimétrique
 - Exactitude absolue:
12 cm planimétrique
16 cm altimétrique
 - Exactitude relatif:
7 cm dans les 3 axes

Les limitations

- Bord de bordure
- Entrée charretière
- Zones obscures
 - Près des constructions
 - Sous les voitures
 - Abris d'autos, etc.
- Vue aérienne

Bord de pavage

- Extrémité d'une voie publique recouverte d'asphalte, de pavés ou de béton.

Règles d'interprétation pour le captage photogrammétrique

- La limite de la voie publique pavée.

Règles d'interprétation pour le levé conventionnel

- La limite de la voie publique pavée.

Mode de saisie pour la technique photogrammétrique

- Objet 3d.
- Saisir la limite du pavage comme un objet linéaire.
- La continuité de l'élément linéaire est fonction de l'importance de la route. Ainsi, le bord de pavage d'une autoroute sera continue et les bords de pavage des autres routes seront limités aux bords de pavage de l'autoroute. Voir l'annexe 1.

Échelle photo	
1:2500	X
1:5000	X
1:8000	X
1:15000	X

Mode de relevé pour la technique conventionnelle

- Objet 3d.
- Relever la limite du pavage comme un objet linéaire.

Représentation graphique en AutoCAD

CALQUE	CODE	TYPE MNT		COULEUR	SYMBOLE	MOTIF DE LIGNE	TRAIT (mm)
		Photo	Terrain				
E-VOI-PAVAGE-BORD	PAB (181)	Bkl	Bkl	9		CONTINUOUS	0,20

Représentation

Pt1 Origine

Représentation Image et Vecteur

PHOTOGRAMMÉTRIQUE



TERRAIN



REMARQUES :

Diffusion

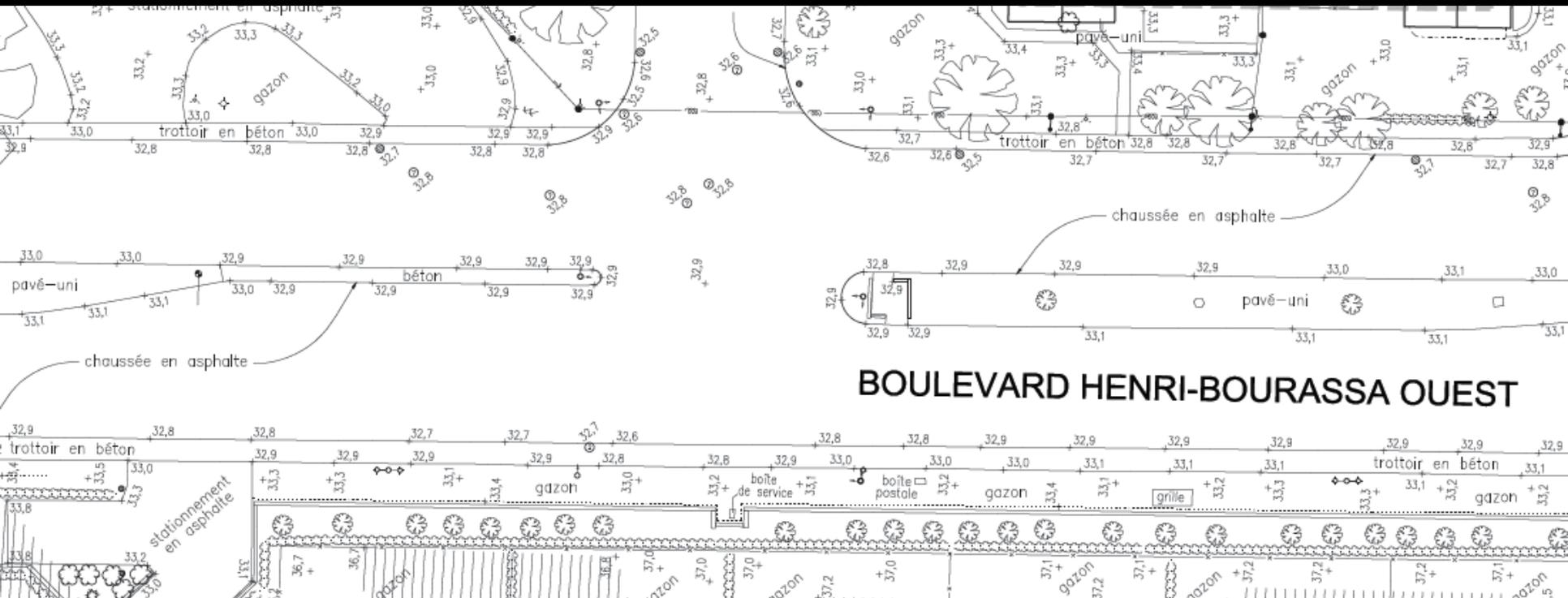
Par projet / limité par la prise de photo a une époque définie.

Précision relative +/- 7 cm et en absolue +/- 16 cm

Échelle 1 : 500 ou plus petit

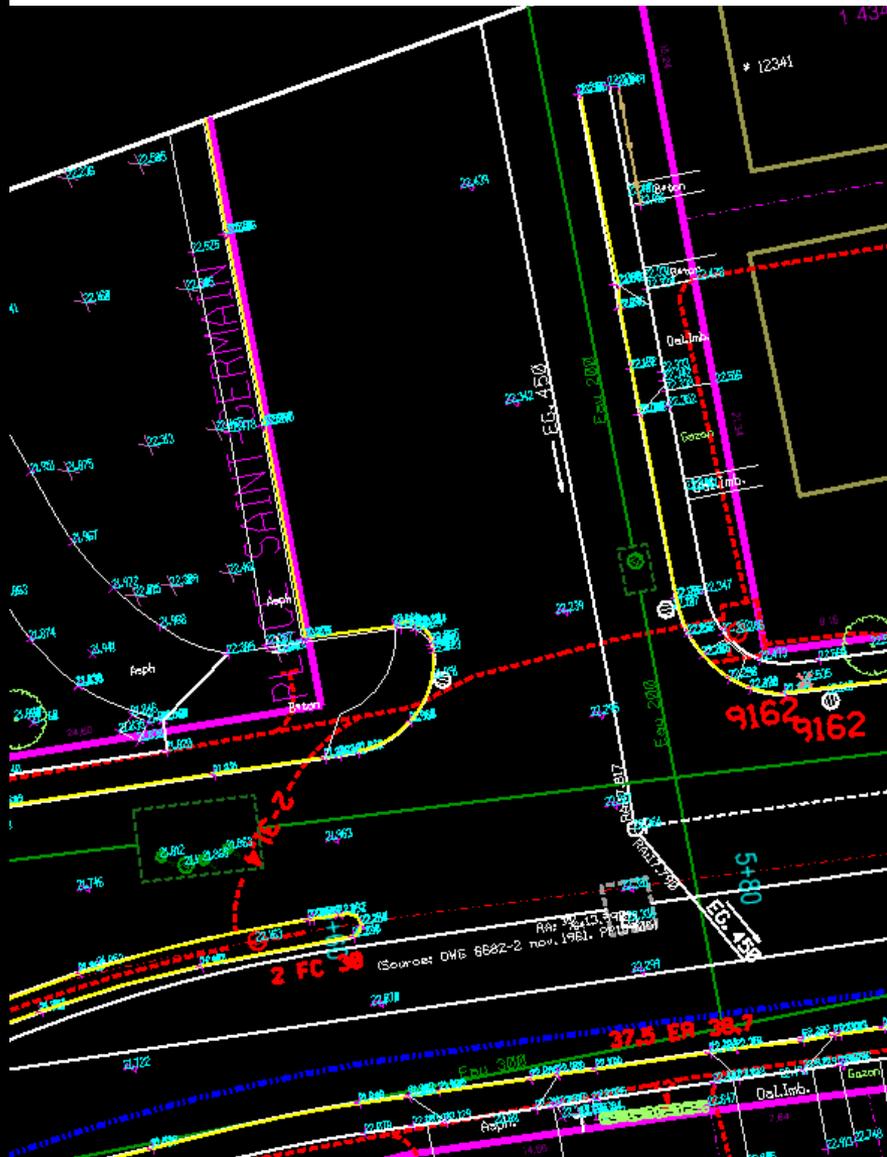
Carte papier à l'échelle ou version numérique (PDF, DWG, DGN)

Pour la structuration de données, les normes de photogrammétrie de Transport Québec (MTQ) sont utilisées et elles sont légèrement modifiées afin qu'elles répondent aux besoins de la Ville. L'échelle est limitée à 1 : 500 dus à la résolution des photographies aériennes.



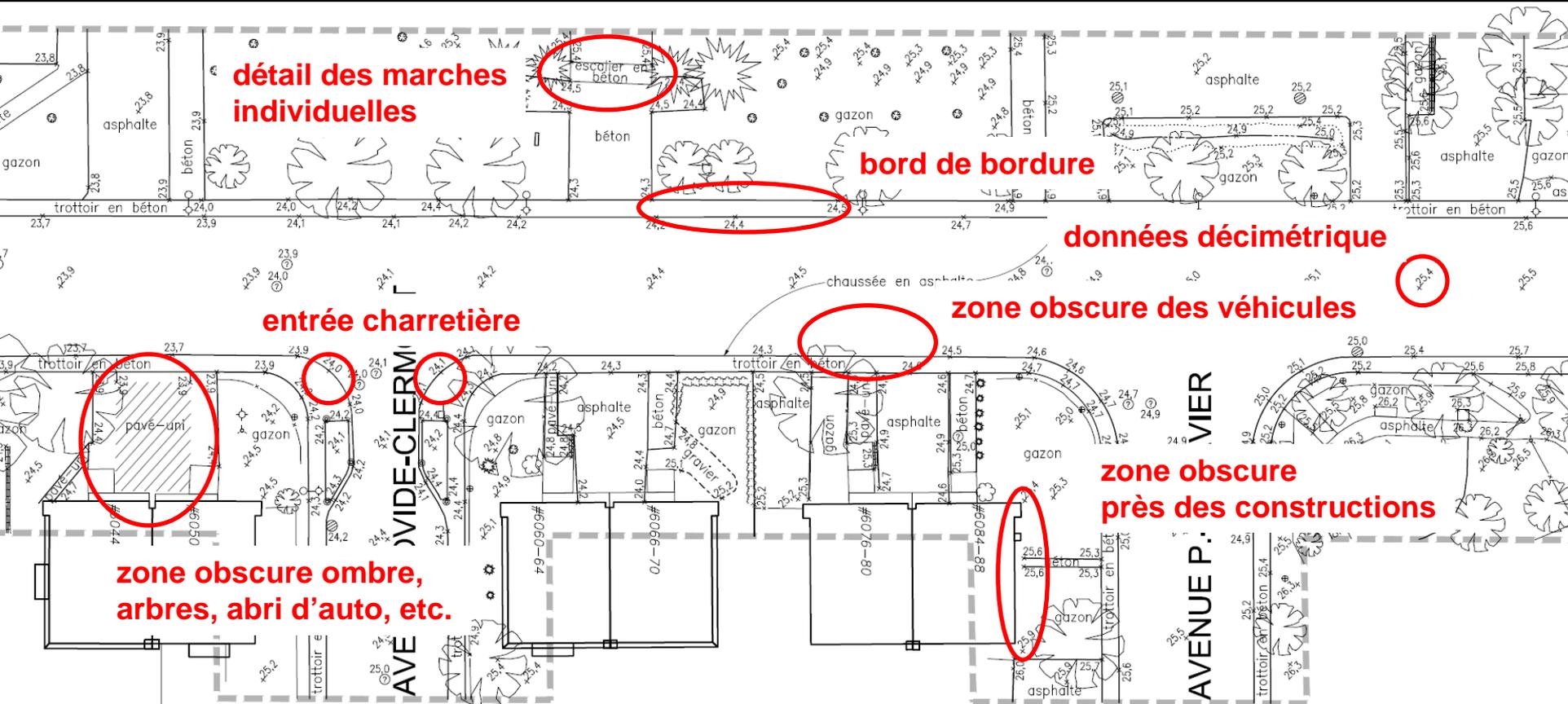
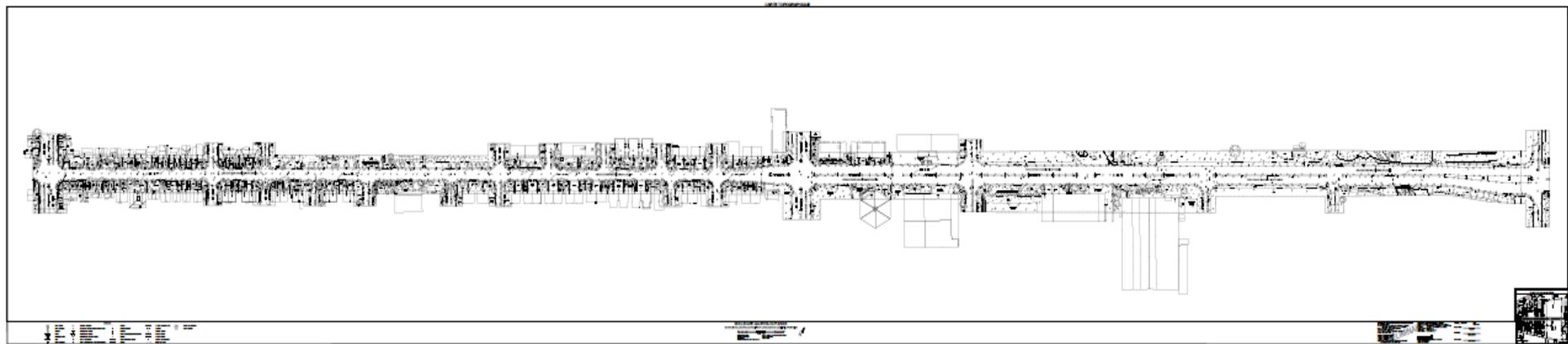
Levé d'arpentage centimétrique

Ajout du sous-terrain et du cadastre



Levé photogrammétrique décimétrique





Exactitude relative

vérifiée par des distances entre des mêmes éléments du levé terrain et du captage photogrammétrique.

**+/-7 cm (1 σ , 68%)
dans les trois axes**

exactitude absolue

vérification sur plus de 150 balises photogrammétriques par trois photogrammètres.

* avec une bonne aérotriangulation

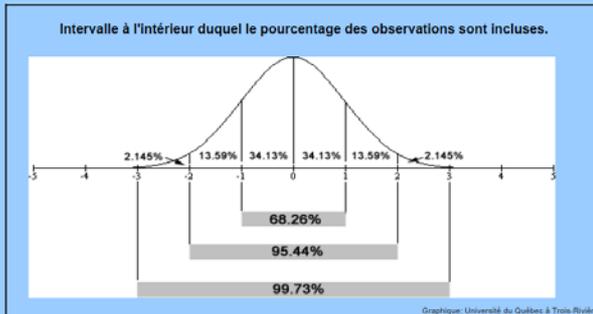
+/-12 cm planimétrie

+/-16 cm altimétrie (1,96 σ , 95%)

Exactitude absolue (moyenne de trois photogramètres)

Nombre de point planimétrique: 458
Nombre de point altimétrique: 462

	Nord	Est	Altitude
moyenne:	-0,01	0,01	0,02
écart type:	0,04	0,04	0,06



Graphique: Université du Québec à Trois-Rivières

Intervalle à l'intérieur duquel le pourcentage des observations sont incluses.			
68%	-0,06	< X <	0,04
95%	-0,12	< X <	0,09
99%	-0,17	< X <	0,14
68%	-0,04	< Y <	0,06
95%	-0,09	< Y <	0,11
99%	-0,13	< Y <	0,16
68%	-0,05	< Z <	0,10
95%	-0,13	< Z <	0,18

Sources des formules: Statistique Canada

Précision photogrammétrique	
Dimension du pixel :	6,0 cm
E.M.Q. planimétrique :	4,2 cm
Précision planimétrique max :	10,5 cm
Pas vertical :	13,3 cm
E.M.Q. en altimétrie :	6,7 cm
Précision altimétrique max :	16,7 cm

E.M.Q. = erreur moyenne quadratique

exactitude relative à un écart type (1 σ = 68%)

intersection rue Guy	distance (m)		delta	description
	terrain	photogrammétrie		
bid Maisonneuve	35,53	35,59	-0,06	regard - regard
	40,89	40,83	0,06	pavage - fosse
rue Ste-Catherine	16,94	16,90	0,04	largeur rue
	20,52	20,46	0,06	regard - regard
bid René-Lévesque	34,41	34,44	-0,03	trottoir - fosse
	17,08	17,06	0,02	largeur rue
ave Argyle	35,30	35,36	-0,06	regard - regard
	36,92	36,79	0,13	regard - regard
rue Sr-Antoine	15,40	15,42	-0,02	largeur rue
	28,73	28,72	0,01	fosse - trottoir
rue St-Jacques	13,80	13,75	0,05	regard - regard
	15,94	16,01	-0,07	largeur rue
rue Paxton	30,94	30,81	0,13	regard - pavage
	21,56	21,59	-0,03	trottoir - regard
rue Notre-Dame	16,99	16,97	0,02	largeur rue
	33,91	33,91	0,00	regard - regard
rue Barré	31,19	31,26	-0,07	trottoir - regard
	14,00	13,88	0,12	largeur rue
rue Ottawa	6,97	6,93	0,04	entrée - entrée
	21,96	22,01	-0,05	regard - trottoir
rue Ste-Elisabeth	14,25	14,31	-0,06	largeur rue
	19,60	19,71	-0,11	trottoir - trottoir
rue St-Joseph	30,13	30,12	0,01	regard - regard
	14,69	14,75	-0,06	largeur rue
rue St-Jacques	17,38	17,49	-0,11	fosse - trottoir
	13,63	13,60	0,03	regard - fosse
rue St-Jacques	14,61	14,61	0,00	largeur rue
	48,18	48,24	-0,06	fosse - trottoir
rue St-Jacques	2,43	2,45	-0,02	regard - regard

moyenne 0,00
écart type 0,07

Tableau synthèse « relevés terrain vs photogrammétrie »

- + **grande exactitude**
(± 1 à 3 cm)
- + **aucune zone obscure**
- + **données plus à jour**

- **équipes terrain**
- **relevé plus long**
- **sujet aux intempéries**
- **coût plus élevé**

- + **rapidité de relevé**
- + **a l'abri des intempéries**
- + **faible coût**
- + **captage chaussée / trottoir**

- \pm **moyenne exactitude**
relatif ± 7 cm, absolu ± 16 cm
- \pm **vue du ciel**
- \pm **entrée charretière / regard**

- **zones obscures**
(perspective, ombres, voitures)
- **limité dans le temps**
(photographie avril 2016)

Programmation 2019

Projet 16 (dont 1 complément)

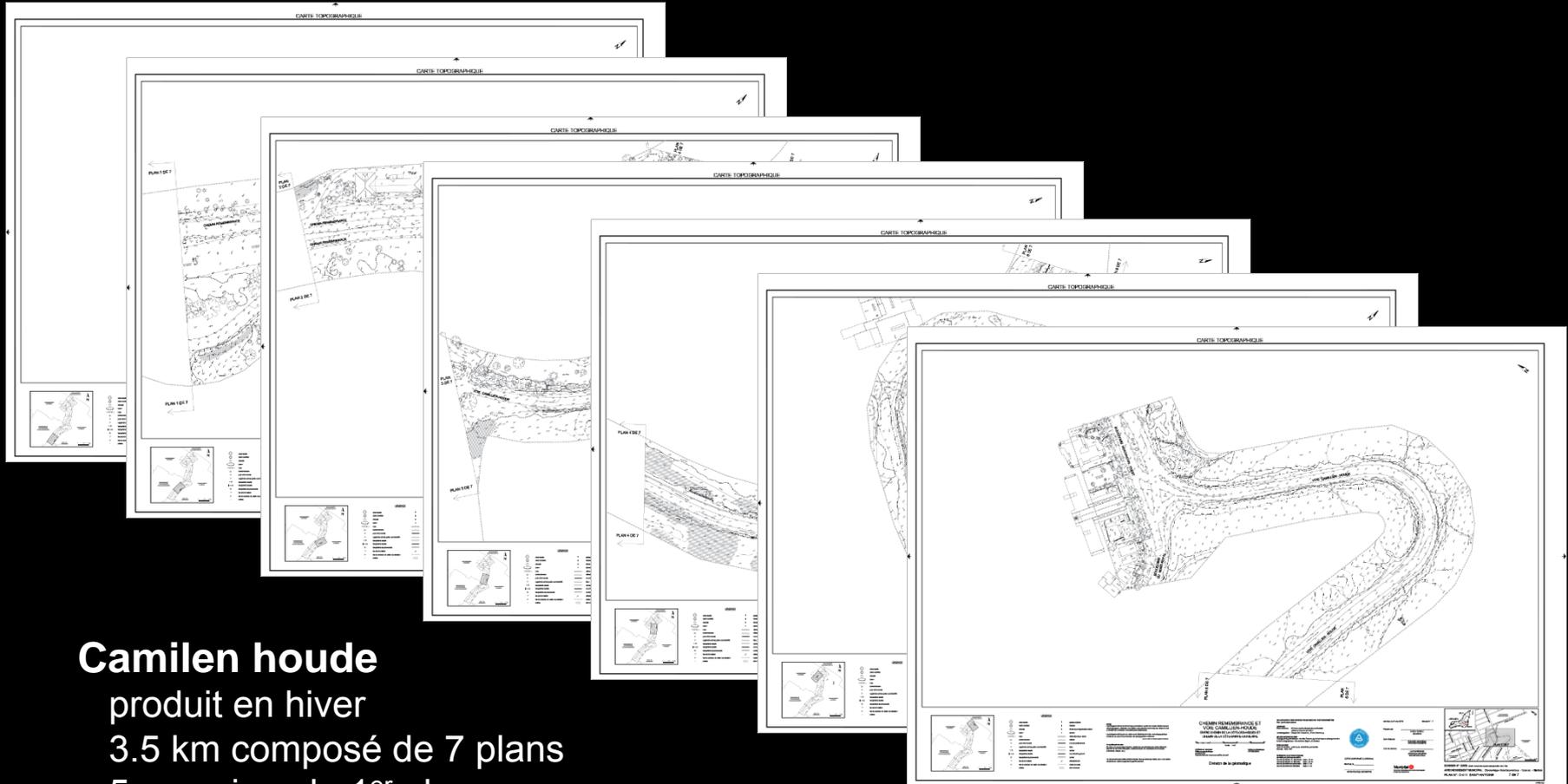
Total ~ 18,8 km

Ressources humaines

1 agent technique photogrammétrie ~ 6 mois

1 Dessinateur ~ 9 mois

1 Géomètre ~ 2 mois (temps partiel)



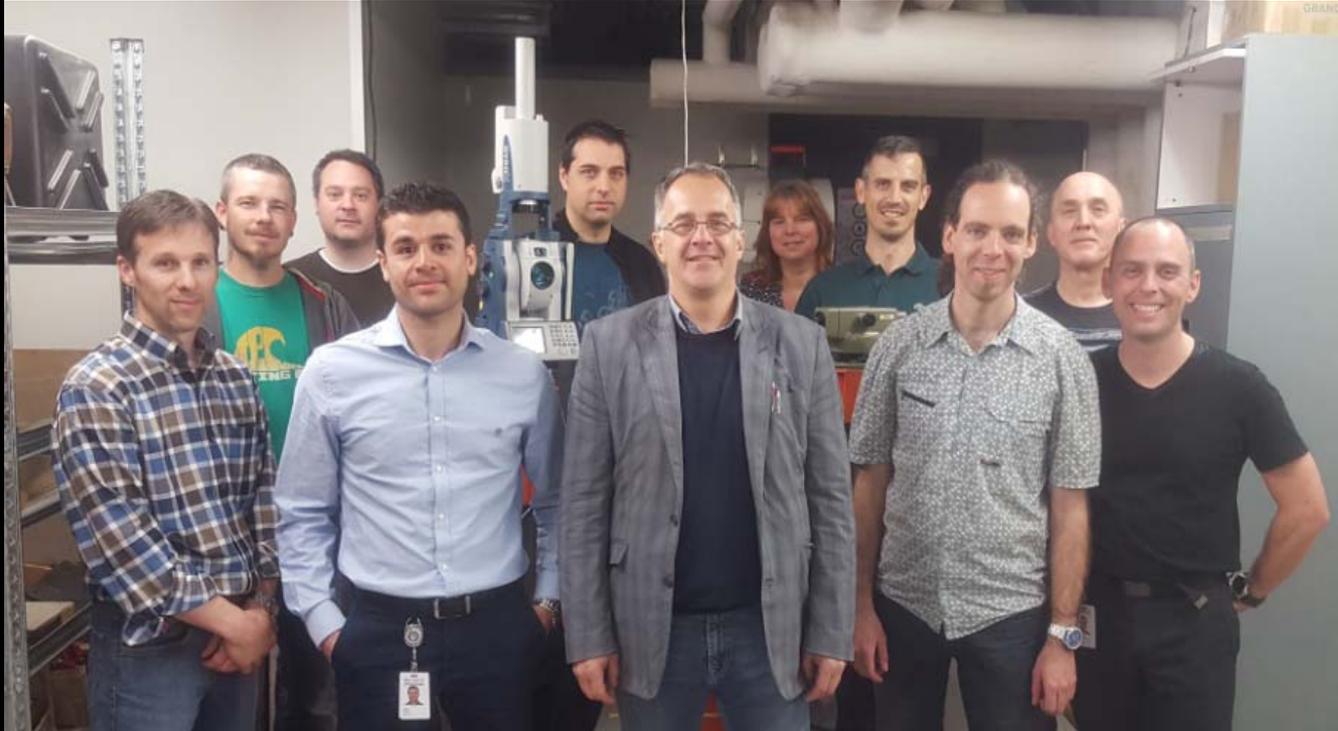
Camilen houde

produit en hiver

3.5 km composé de 7 plans

5 semaines le 1^{er} plan

15 semaines total des 7 plans



Équipe composée de professionnels arpenteurs-géomètres et géomètres, assistés de techniciens spécialistes en calibration d'instruments, restitution photogrammétrique, LiDAR, levé d'arpentage 3D, levé GPS/GNSS, nivellements, dessin/conception assisté par ordinateur et modélisation 3D.

Merci de votre attention...

Simon Gignac g.