

Photogrammétrie par drone d'un petit glacier de montagne - Mise au point et application d'un protocole assurant la reproductibilité de levés répétés à intervalles saisonniers et interannuels

Auteur : Vandenbroeck, Martin

Promoteur(s) : Cornet, Yves; Fettweis, Xavier

Faculté : Faculté des Sciences

Diplôme : Master en sciences géographiques, orientation géomatique et géométrologie, à finalité spécialisée

Année académique : 2017-2018

URI/URL : <http://hdl.handle.net/2268.2/5586>

Avertissement à l'attention des usagers :

Tous les documents placés en accès ouvert sur le site le site MatheO sont protégés par le droit d'auteur. Conformément aux principes énoncés par la "Budapest Open Access Initiative"(BOAI, 2002), l'utilisateur du site peut lire, télécharger, copier, transmettre, imprimer, chercher ou faire un lien vers le texte intégral de ces documents, les disséquer pour les indexer, s'en servir de données pour un logiciel, ou s'en servir à toute autre fin légale (ou prévue par la réglementation relative au droit d'auteur). Toute utilisation du document à des fins commerciales est strictement interdite.

Par ailleurs, l'utilisateur s'engage à respecter les droits moraux de l'auteur, principalement le droit à l'intégrité de l'oeuvre et le droit de paternité et ce dans toute utilisation que l'utilisateur entreprend. Ainsi, à titre d'exemple, lorsqu'il reproduira un document par extrait ou dans son intégralité, l'utilisateur citera de manière complète les sources telles que mentionnées ci-dessus. Toute utilisation non explicitement autorisée ci-avant (telle que par exemple, la modification du document ou son résumé) nécessite l'autorisation préalable et expresse des auteurs ou de leurs ayants droit.



UNIVERSITÉ DE LIÈGE
Faculté des sciences
Sciences géographiques

Photogrammétrie par drone d'un petit glacier de montagne

Mise au point et application d'un protocole assurant la
reproductibilité de levés répétés à intervalles
saisonniers et interannuels

Annexes

Mémoire présenté par
Martin VANDENBROECK

pour l'obtention du titre de
Master en sciences géographiques
orientation géomatique et
géométrologie à finalité spécialisée

Année académique
2017-2018

Date de défense : Septembre 2018
Promoteur : Prof. Y. CORNET
Co-promoteur : Prof. X. FETTWEIS
Lecteurs
Prof. A. HUBERT-FERRARI
& Prof. L. FRANÇOIS



UNIVERSITÉ DE LIÈGE
Faculté des sciences
Sciences géographiques

Photogrammétrie par drone d'un petit glacier de montagne

Mise au point et application d'un protocole assurant la
reproductibilité de levés répétés à intervalles
saisonniers et interannuels

Annexes

Mémoire présenté par
Martin VANDENBROECK

pour l'obtention du titre de
Master en sciences géographiques
orientation géomatique et
géométrologie à finalité spécialisée

Année académique
2017-2018

Date de défense : Septembre 2018
Promoteur : Prof. Y. CORNET
Co-promoteur : Prof. X. FETTWEIS
Lecteurs
Prof. A. HUBERT-FERRARI
& Prof. L. FRANÇOIS

Table des Annexes

Annexe n°1 : Définitions	4
Annexe n°2 : Documents techniques.....	5
Annexe n°3 : Scripts Matlab	16
Annexe n°4 : Tableurs Excel.....	25
Annexe n°5 : Cartes	43
Annexe n°6 : Aérotriangulation	46

Annexe n°1 : Définitions

Erreur admissible

L'erreur admissible située dans un intervalle de confiance dépendant de la précision de l'instrument vaut :

$$Fermeture = \sqrt{2n} * \sigma_{\alpha} * t_{3,0.05}.$$

Erreur de fermeture de Miles et Lagofun

L'erreur de fermeture de Miles et Lagofun est la suivante :

$$T_{\alpha} = 2.7 * \sigma_{\alpha} * \sqrt{n}$$

où σ_{α} correspond à la précision angulaire de l'instrument et n correspond au nombre de mesures

Résolution radiométrique

La résolution radiométrique traduit la capacité du capteur à reconnaître des variations plus ou moins importante d'intensité du signal reçu. Au plus le capteur est sensible à une faible variation d'intensité, au plus la résolution radiométrique est fine.

Résolution spatiale

La résolution spatiale des capteurs-imageurs exprime de la finesse des détails dans une image. Il s'agit de la densité de pixels de l'image, c'est-à-dire du nombre de pixels par unité de longueur

Résolution spectrale

La résolution spectrale est la capacité du capteur à différencier les fréquences reçues d'un rayonnement électromagnétique. Plus les intervalles de longueur d'onde auxquels le capteur est sensible sont étroits, au plus la résolution spectrale est fine.

Résolution temporelle

La résolution temporelle correspond au temps séparant deux enregistrements d'une même scène

Annexe n°2 : Documents techniques

2.1 Contraintes légales italiennes pour la réalisation des missions photogrammétriques par drone sur le glacier Travignolo

Sources :

https://mobilit.belgium.be/fr/transport_aerien/drones/jai_un_drone_et_maintenant

<https://www.uavsystemsinternational.com/drone-laws-by-country/italy-drone-laws/>

<https://drone-traveller.com/drone-laws-europe/>

<https://www.enac.gov.it/Home/>

<https://www.aopa.it/pdf/AIRAC11-14.pdf>

<http://notaminfo.com/latest?country=Italy>

<http://notaminfo.com/italymap>

La législation italienne sur l'utilisation des drones évolue vers une législation imposée par l'Union Européenne. Par rapport à la législation belge, plusieurs différences existent ; la législation belge est généralement plus restrictive.

En Italie, aucune autorisation préalable à l'utilisation d'un RPAS-Rotor n'est nécessaire pour des vols privés respectant la législation. Par contre, pour une utilisation commerciale, un enregistrement du drone et un permis doivent être demandés auprès de l'ENAC (*Ente Nazionale per l'Aviazione Civile*).

Par ailleurs, comme en Belgique, l'usage commercial, autorisé en Belgique grâce à la licence de classe 1, dans des conditions de risque majeur (classe 1a) exige une couverture assurance de type Responsabilité Civile. La législation italienne régissant les vols commerciaux présente des similitudes avec la législation belge mais est moins contraignante. Comme en Belgique, les exigences dépendent du type de vol commercial effectué (région, espace aérien, danger pour les individus et les biens).

Pour les missions à risques mineurs, une notification est suffisante (coût : 94 €).

Pour les missions à risques majeurs, d'autres conditions sont imposées. Elles sont globalement comparables à celles exigées en Belgique : permis – licence de télé-pilote, certificat médical, licence pratique, ...

Comme en Belgique, indépendamment du niveau de risque, un vol commercial en Italie comparable à une mission de classe 1 en Belgique, doit être réalisée avec RPA-R homologué et immatriculé (enregistré) avec un n° d'enregistrement apposé sur le RPA.

La législation sur l'utilisation des **fréquences radio (2.4 et 5.8 GHz)** est semblable à celle de la Belgique avec une puissance maximale d'émission autorisée de **100 mW** pour la bande 2.4 GHz et 25 mW pour la bande 5.8 GHz.

Les vols drone et les prises de vue doivent respecter les lois en matière de protection de la vie privée.

Concernant la hauteur de vol au-dessus de la surface du sol (*Height Above Ground Level* ou AGL) maximale autorisée, elle est de 70 m pour un usage privé et de 150 m pour un usage commercial. Il s'agit de valeurs plus élevées que celles imposées en Belgique. En Belgique, la hauteur de vol maximum autorisée dépend du statut du télépilote. S'il vole dans la sphère privée cette hauteur est limitée à 10 m, s'il vole dans le cadre d'une licence de classe 2

(récréative), il peut voler jusqu'à 45 m ; enfin, s'il dispose d'une licence de classe 1, il peut atteindre 90 m.

En Italie les vols de type privé doivent être réalisés à plus de 5 km des aéroports (en Belgique 3 km) et à plus de 50 m des personnes et biens. Il est donc interdit de survoler des foules et des biens. Ceci implique que, dans le cadre d'usages privés ou récréatifs, seuls les vols en zones non et peu urbanisées sont possibles. Par ailleurs, dans le cadre de vols privés et récréatif, il convient d'éviter les espaces aériens inférieurs contrôlés quand ils sont actifs et les zones réglementées quand elles sont actives et les zones dangereuses. En Belgique, ce type de vol au-dessus des foules est possible si le pilote dispose d'une licence de classe 1 avec autorisation pour un vol à risques majeurs (vol de classe 1a), avec un drone de type RPA-R homologué et immatriculé équipé d'au moins 6 rotors. Par ailleurs, des dérogations (autorisation si le vol est de classe 1a ou simple notification s'il est de classe 1b) peuvent être obtenues en Belgique pour voler dans les zones contrôlées tels que les CTR à condition que le télé-pilote dispose d'une licence valable de classe 1a et que le drone soit homologué et immatriculé.

En Italie, comme en Belgique, seuls les vols à vue (*Visual Fly Rules*) sont autorisés. Ainsi, seuls les vols en journée peuvent être effectués, de 30 minutes avant le lever du soleil à 30 minutes après son coucher, sauf autorisation spéciale délivrée par l'ENAC. Une distance horizontale maximale entre le télé-pilote et le RPA est donc aussi imposée. Elle est de 200 m pour un usage privé et de 500 m pour un usage commercial. Contrairement à la Belgique, la législation italienne ne semble pas permettre de faire appel à des observateurs. En Belgique, l'utilisation de 2 observateurs formés par le télé-pilote est autorisée à condition que ce télé-pilote dispose d'une licence de classe 1. Cela permettrait théoriquement de voler à une longueur maximale de 3000 m en disposant le premier observateur à 1000 m du télé-pilote et le second à 2000 m. Chacun observe ainsi une zone circulaire de 500 m de rayon avec une tangence de deux zones voisines. En pratique, pour pouvoir survoler une zone de 1000 m de large, il convient de limiter la distance entre chaque observateur et entre le premier observateur et le télé-pilote à 500 m. Cela réduit la longueur de la zone survolée à un maximum de 2000 m.

Une couverture assurance en RC couvrant des dommages dont le montant est au minimum de 750 000 EUR est imposée pour réaliser des vols commerciaux en Italie. En Belgique, celle-ci ne peut être contactée que par un télé-pilote disposant de la licence de classe 1 et le montant minimum couvert généralement conseillé est de 1 000 000 EUR.

En usage privé, en Italie, le poids maximum du drone autorisé est de 25 kg. En Belgique, ce poids maximum dépend du statut du télé-pilote. Si le télé-pilote effectue un vol dans la sphère privée, le poids maximum autorisé est de 1.5 kg, en classe 2, il est de 5 kg et en classe 1, il peut atteindre 150 kg.

Il existe des interdictions de survol de la plupart des régions urbanisées italiennes, des infrastructures ferroviaires, routières, industrielles. À Rome, au Vatican et à Venise (y compris les îles associées), des interdictions de vol pour les drones s'appliquent. Cependant, une autorisation peut être délivrée par les autorités locales (telles que la police ou le magistrat). Par ailleurs, le survol de parcs naturels est aussi soumis à dérogation.

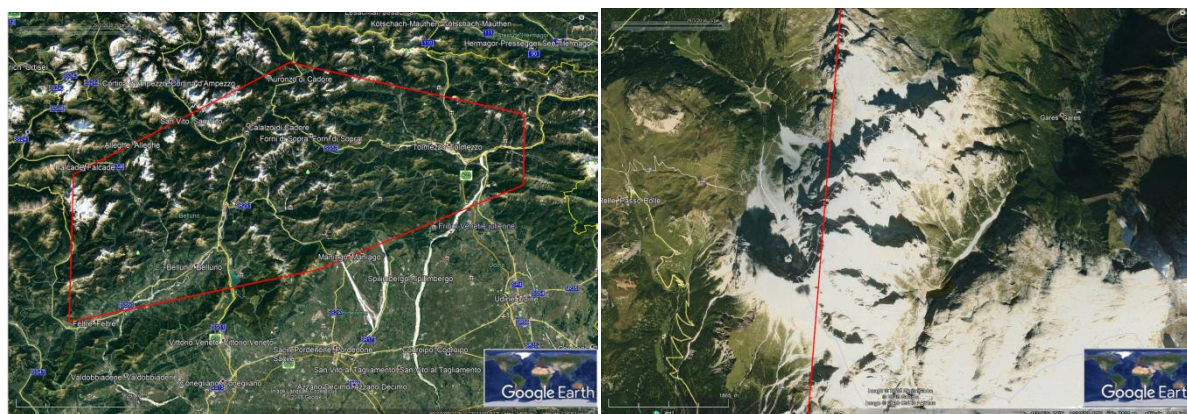
Enfin, concernant les vols réalisés sur le *Travignolo*, il convient de rappeler que le glacier se trouve dans le parc naturel des *Pale di San Martino* et qu'il est localisé à proximité de l'extrémité nord-occidentale de la zone de l'espace aérien contrôlé Zita-Nord (tableau et carte ci-dessous). Cette dernière ne peut être survolée en dehors des week-end et jours fériés sans autorisation. Il convient encore de rappeler la nécessité de consulter les NOTAM (*Notice To Air Men*) car les survols de la région par les hélicoptères (mission de transport de matériel et autres) vers les refuges et les missions de secours en montagne peuvent être fréquents. Ces derniers n'étant pas mentionnés dans les NOTAM (<http://notaminfo.com/latest?country=Italy> et <http://notaminfo.com/italymap>), mais pouvant se dérouler à tout moment avec une approche très rapide et parfois inaudible de l'hélicoptère, il convient d'être particulièrement prudent et

de garder en mémoire la procédure de descente rapide du drone en mode ATTI pour mettre les hélicoptères prioritaires hors de danger.

Tableau 1 : Information sur la Zone ZITA-NORD
(Source : <https://www.aopa.it/pdf/AIRAC11-14.pdf>)

Identificazione - Nome - Limiti laterali Identification – Name – Lateral limits	Limite sup. Limite inf. Upper limit Lower limit	Tipo di attività Type of activity	Note Remarks	Validità fino a Validity till
LI R49 - Zita Nord Linea congiungente i punti/line joining following points: 46°20'13"N 011°50'02"E 46°34'54"N 012°30'42"E 46°28'00"N 013°15'00"E 46°18'52"N 013°14'53"E 46°08'00"N 012°36'00"E 46°01'00"N 011°48'58"E 46°01'00"N 011°48'58"E 46°20'13"N 011°50'02"E	FL370 FL50 o/or 2000ft AGL quale dei due è più alto / whichever is higher	Intensa attività aerea militare/ Heavy military air traffic	1) Zona 'AMC manageable' / 'AMC manageable' Zone al di sopra di/above FL280. 2) HR: H24 a o al di sotto di / At or below FL 280. HR: MON-FRI 0500-2200 (0400-2100), HOL esclusi/excluded, al di sopra di/ above FL280. 3) Ente ATS responsabile/Responsible ATS Unit: Padova SCCAM. 4) Procedure per l'attraversamento: vedi ENR 5.1/Procedures for crossing: see ENR	NIL

Cartes de localisation de la zone ZITA-NORD



2.2 Spécifications techniques du drone DJI Phantom 4 Pro

AIRCRAFT	
Weight (Battery & Propellers Included)	1388 g
Diagonal Size (Propellers Excluded)	350 mm
Max Ascent Speed	S-mode: 6 m/s P-mode: 5 m/s
Max Descent Speed	S-mode: 4 m/s P-mode: 3 m/s
Max Speed	S-mode: 45 mph (72 kph) A-mode: 36 mph (58 kph) P-mode: 31 mph (50 kph)
Max Tilt Angle	S-mode: 42° A-mode: 35° P-mode: 25°
Max Angular Speed	S-mode: 250°/s A-mode: 150°/s
Max Service Ceiling Above Sea Level	19685 feet (6000 m)
Max Wind Speed Resistance	10 m/s
Max Flight Time	Approx. 30 minutes
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)
Satellite Positioning Systems	GPS/GLONASS
Hover Accuracy Range	Vertical: ±0.1 m (with Vision Positioning) ±0.5 m (with GPS Positioning) Horizontal: ±0.3 m (with Vision Positioning) ±1.5 m (with GPS Positioning)

Vision System	
Vision System	Forward Vision System Backward Vision System Downward Vision System
Velocity Range	≤31 mph (50 kph) at 6.6 ft (2 m) above ground
Altitude Range	0 - 33 feet (0 - 10 m)
Operating Range	0 - 33 feet (0 - 10 m)
Obstacle Sensory Range	2 - 98 feet (0.7 - 30 m)
FOV	Forward: 60°(Horizontal), ±27°(Vertical) Backward: 60°(Horizontal), ±27°(Vertical)

	Downward: 70°(Front and Rear), 50°(Left and Right)
Measuring Frequency	Forward: 10 Hz Backward: 10 Hz Downward: 20 Hz
Operating Environment	Surface with clear pattern and adequate lighting (lux>15)

Camera	
Sensor	1" CMOS Effective pixels: 20M
Lens	FOV 84° 8.8 mm/24 mm (35 mm format equivalent) f/2.8 - f/11 auto focus at 1 m - ∞
ISO range	Video: 100 - 3200 (Auto) 100 - 6400 (Manual) Photo: 100 - 3200 (Auto) 100- 12800 (Manual)
Mechanical Shutter Speed	8 - 1/2000 s
Electronic Shutter Speed	8 - 1/8000 s
Image Size	3:2 Aspect Ratio: 5472 × 3648 4:3 Aspect Ratio: 4864 × 3648 16:9 Aspect Ratio: 5472 × 3078
PIV Image Size	4096×2160(4096×2160 24/25/30/48/50p) 3840×2160(3840×2160 24/25/30/48/50/60p) 2720×1530(2720×1530 24/25/30/48/50/60p) 1920×1080(1920×1080 24/25/30/48/50/60/120p) 1280×720(1280×720 24/25/30/48/50/60/120p)
Still Photography Modes	Single Shot Burst Shooting: 3/5/7/10/14 frames Auto Exposure Bracketing (AEB): 3/5 bracketed frames at 0.7 EV Bias Interval: 2/3/5/7/10/15/20/30/60 s
Video Recording Modes	H.265 C4K:4096×2160 24/25/30p @100Mbps 4K:3840×2160 24/25/30p @100Mbps 2.7K:2720×1530 24/25/30p @65Mbps 2.7K:2720×1530 48/50/60p @80Mbps FHD:1920×1080 24/25/30p @50Mbps FHD:1920×1080 48/50/60p @65Mbps FHD:1920×1080 120p @100Mbps HD:1280×720 24/25/30p @25Mbps HD:1280×720 48/50/60p @35Mbps HD:1280×720 120p @60Mbps

	H.264 C4K:4096×2160 24/25/30/48/50/60p @100Mbps 4K:3840×2160 24/25/30/48/50/60p @100Mbps 2.7K:2720×1530 24/25/30p @80Mbps 2.7K:2720×1530 48/50/60p @100Mbps FHD:1920×1080 24/25/30p @60Mbps FHD:1920×1080 48/50/60 @80Mbps FHD:1920×1080 120p @100Mbps HD:1280×720 24/25/30p @30Mbps HD:1280×720 48/50/60p @45Mbps HD:1280×720 120p @80Mbps
Max Video Bitrate	100 Mbps
Supported File Systems	FAT32 (≤32 GB); exFAT (>32 GB)
Photo	JPEG, DNG (RAW), JPEG + DNG
Video	MP4/MOV (AVC/H.264; HEVC/H.265)
Supported SD Cards	Micro SD Max Capacity: 128GB Write speed ≥15MB/s, Class 10 or UHS-1 rating required
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)

Charger	
Voltage	17.4 V
Rated Power	100 W
Max Ascent Speed	S-mode: 6 m/s P-mode: 5 m/s

APP / LIVE VIEW	
Mobile App	DJI GO 4
Live View Working Frequency	2.4 GHz ISM, 5.8 GHz ISM
Live View Quality	720P @ 30fps
Latency	Phantom 4 Pro: 220 ms (depending on conditions and mobile device)
Required Operating Systems	iOS 9.0 or later Android 4.4.0 or later

GIMBAL	
Stabilization	3-axis (pitch, roll, yaw)
Controllable Range	Pitch: -90° to +30°
Max Controllable Angular Speed	Pitch: 90°/s
Angular Vibration Range	±0.02°

INFRARED SENSING SYSTEM	
Obstacle Sensory Range	0.6 - 23 feet (0.2 - 7 m)
FOV	70° (Horizontal), ±10° (Vertical)
Measuring Frequency	10 Hz
Operating Environment	Surface with diffuse reflection material, and reflectivity > 8% (such as wall, trees, humans, etc.)

REMOTE CONTROLLER	
Operating Frequency	2.400 - 2.483 GHz and 5.725 - 5.825 GHz
Max Transmission Distance	2.400 - 2.483 GHz (Unobstructed, free of interference) FCC: 4.3 mi (7 km) CE: 2.2 mi (3.5 km) SRRC: 2.5 mi (4 km) 5.725 - 5.825 GHz (Unobstructed, free of interference) FCC: 4.3 mi (7 km) CE: 1.2 mi (2 km) SRRC: 3.1 mi (5 km)
Operating Temperature Range	32° to 104°F (0° to 40°C)
Battery	6000 mAh LiPo 2S
Transmitter Power (EIRP)	2.400 - 2.483 GHz FCC: 26 dBm CE: 17 dBm SRRC: 20 dBm MIC: 17 dBm 5.725 - 5.825 GHz FCC: 28 dBm CE: 14 dBm SRRC: 20 dBm MIC: -
Operating Current/Voltage	1.2 A@7.4 V
Video Output Port	GL300E: HDMI GL300F: USB
Mobile Device Holder	GL300E: Built-in display device (5.5 inch screen, 1920×1080, 1000 cd/m ² , Android system, 4 GB RAM + 16 GB ROM) GL300F: Tablets and smart phones

INTELLIGENT FLIGHT BATTERY	
Capacity	5870 mAh
Voltage	15.2 V
Battery Type	LiPo 4S

<i>Energy</i>	89.2 Wh
<i>Net Weight</i>	468 g
<i>Charging Temperature Range</i>	41° to 104°F (5° to 40°C)
<i>Max Charging Power</i>	160 W

2.3 Spécifications techniques des cibles utilisées

Fabricant :

Nom : Pixink

Adresse : Rue de Sendrogne, 37 4140 Sprimont - Belgique

Téléphone : +32(0)4 277 87 50

E-mail : info@pixink.be

Cibles Rigides :

Référence du produit : PNFD-2412

Nombre commandé : 16

Description :

Le panneau Forex est un matériau composé de matière plastique expansée et solide.

Le noyau expansé garantit une réduction de poids d'au moins 50% par rapport à ses homologues massifs en PVC. Néanmoins, il est particulièrement solide et résistant.

C'est un panneau publicitaire à usages multiples, tant à l'intérieur qu'à l'extérieur.

Caractéristiques :

Cibles rigides	
Composition	PVC expansé
Epaisseur	3 mm
Poids	2.1 kg/m ²
Qualité d'impression	Impression directe UV - Quadri Haute Définition 720 dpi
Bord perdu	3 mm de chaque côté
Rendu	Mat
Format	500 mm x 500 mm
Face imprimée	Recto uniquement
Finitions	Trouets effectuées à 1 <i>inch</i> de part et d'autre du centre le long de la diagonale
Usage	Extérieur

Cibles de validation :

Référence du produit : PX2115

Nombre commandé : 65

Description :

La bâche standard est la plus utilisée pour la communication extérieure comme intérieure à court et à moyen terme.

Son impression est résistante à long terme aux UV et aux intempéries

Caractéristiques :

Cibles rigides	
Qualité d'impression	Quadri Haute Définition 1440 dpi
Bord perdu	3 mm de chaque côté
Grammage	550 g/m ²
Rendu	Satiné
Certification	B1 – ignifugé selon les normes DIN 4102 B1 (Allemagne)
Face imprimable	Recto
Finition	Coupe au format
Finition	Oeillels en aluminium ou en polycarbonate haute résistance
Usage	Extérieur

2.4 Liste du matériel emporté pour la mission

Unité de géomatique - Service de topographie



FICHE DE PRÊT DE MATÉRIEL

Nombre	Description	Remarques /Etat
1	Trimble 3D Scanner Target Kit	Contient 2 embases + support pour le GNSS
3	Tétines	
1	Récepteur GNSS RTK - Trimble R10	
1	Station Total LEICA (STA 06)	
3	Batteries pour station totale	
1	mini-prisme	Dans sa boîte avec les allonges (3)
1	Porte-jalon	
1	Chargeur pour batteries LEICA	Composé du chargeur (GKL 111), d'une allonge prise 12V + 1 allonge prise 220V
2	Embases	EMB 06 + pas d'identification
1	Visée perpendiculaire pour station totale LEICA	
1	mètre ruban	
1	masse	
5	petits clous	
1	bombe de couleur VERTE	
1	craie Jaune	
4	Trépieds	
3	Prismes	
1	Canne à prisme	
2	Plaquette pour prisme	
1	Carte CF (CF 013)	
1	lecteur de carte CF Bleu	Accompagné d'un câble de connexion USB

Annexe n°3 : Scripts Matlab

3.1 Ecart admissible – Cheminement

```

diary('Calcul_ecarts_admis.txt');
diary on
disp('Calculs des erreurs admissibles et propagation de variance');
disp(' Martin Vandenbroeck - Mémoire - Travignolo');
format long g;
table=xlsread('Cheminement.xlsx','matlab');
Dhz=[table(:,1)]% dist Hz
A=[table(:,2)]% angles intérieurs
S_Dhz=[table(:,3)]
n=3;
S_DIN_A=0.0015;
%%FERMETURE ANGULAIRE
disp('La fermeture angulaire est :');
Fermeture_A=sum(A)-(n-2)*200
disp('La précision angulaire estimée est :');
S_A=sqrt(n)*sqrt(2)*S_DIN_A
% DEGRES de LIBERTE ET t de STUDENT
disp('Intervalle de confiance autour de la var de l''ec.angu selon distri Student 95%');
disp('On fixe le nombre de ddl en fonction du nombre d''observations redondantes. ');
dl=3
disp('La valeur t de student correspondante est :');
T=ttinv(0.975,3)
% FERMETURE ANGULAIRE ADMISSIBLE
disp('La valeur estimée de l erreur de fermeture angulaire est de :');
Fermeture_A_admis=T*S_A
if Fermeture_A_admis<Fermeture_A;
    fprintf('Essaye encore !')
else fprintf('Ecart de fermeture acceptable! ')
end
disp(' ')
disp(' ')
%% ETAPE 1
disp('ETAPE 1 : CALCUL DES GISEMENTS ET DE LEUR PRECISION');
g=zeros(n,1);
s=zeros(n,1);
g(1,1)=A(1,1);
s(1,1)=sqrt(2*(S_DIN_A^2));
g(2,1)=mod((g(1,1)+200+A(2,1)),400);
s(2,1)=sqrt(4*(S_DIN_A^2));
g(3,1)=mod((g(2,1)+200+A(3,1)),400);
s(3,1)=sqrt(6*(S_DIN_A^2));
g
s
% Transformation en radian

```

```

disp('Transformations en radian');
g_radian=g*(pi()/200)
s_radian=s*(pi()/200)
%% ETAPE 2
disp('ETAPE 2 : CALCUL DES COORDONNEES TOTALES ');
X=zeros(n+1,1);
Y=zeros(n+1,1);
for m=2:1:(n+1)
    X(1,1)=5000;
    Y(1,1)=1000;
    X(m,1)=X(m-1,1)+Dhz(m-1,1)*sin(g_radian(m-1,1));
    Y(m,1)=Y(m-1,1)+Dhz(m-1,1)*cos(g_radian(m-1,1));
end
X
Y
disp('ETAPE 3 : FERMETURE PLANIMETRIQUE ET SA PRECISION');
Fermeture_plani=sqrt((X(n+1,1)-X(1,1))^2+(Y(n+1,1)-Y(1,1))^2)
S_coord=zeros(n,n);
for j=1:2:(n*2)-1
    S_coord(j,j)=S_Dhz((j+1)/2,1);
    S_coord(j+1,j+1)=s_radian((j+1)/2,1);
end
S_coord
J1=zeros(n,n);
for i=1:2:(n*2)-1
    J1(i,i)=sin(g_radian((i+1)/2,1));
    J1(i+1,i)=cos(g_radian((i+1)/2,1));
    J1(i,i+1)=Dhz((i+1)/2,1)*cos(g_radian((i+1)/2,1));
    J1(i+1,i+1)=Dhz((i+1)/2,1)*(-sin(g_radian((i+1)/2,1)));
end
J1= round(J1,4)
mat_var_cov=J1*((S_coord)^2)*J1'
J2=zeros(1,2*n);
for p=1:2:(n*2)-1
    J2(1,p)=(X(n+1,1)-X(1,1))/Fermeture_plani;
    J2(1,p+1)=(Y(n+1,1)-Y(1,1))/Fermeture_plani;

end
J2=round(J2,4)
var_LC=J2*mat_var_cov*(J2)'
S_LC=sqrt(var_LC)
intervalle95=S_LC*T
if Fermeture_plani<intervalle95;
    fprintf('Ecart-type de fermeture planimétrique compris dans intervalle de confiance')
else fprintf('Essaye encore ! ')
end
disp('END');
fclose all;
diary off

```

3.2 Traitement des données de RTKLIB

```

format long
clear all
chemin = 'C:\Users\Martin\Desktop\Université\Master 2\Mémoire\Mission
Italie\Traitements Fin mission\RTK\Données\Traitement';

data_REF_2 = '92901560';
data_REF_2_D = '92901560D';

data_REF_1 = '92901570';
data_REF_1_D = '92901570D';

headlines = 13;
headlines_D = 21;

file_REF_2 = fopen(strcat(chemin,'\ ', data_REF_2, '.pos'));
A_REF_2= textscan(file_REF_2,'%s %s %f64 %f64 %f64 %d8 %d8 %f64 %f64 %f64 %f64
%f64 %f64 %f %f','headerlines',headlines);
fclose(file_REF_2);

file_REF_2_D = fopen(strcat(chemin,'\ ', data_REF_2_D, '.pos'));
A_REF_2_D= textscan(file_REF_2_D,'%s %s %f64 %f64 %f64 %d8 %d8 %f64 %f64 %f64
%f64 %f64 %f64 %f %f','headerlines',headlines_D);
fclose(file_REF_2);

file_REF_1 = fopen(strcat(chemin,'\ ', data_REF_1, '.pos'));
A_REF_1= textscan(file_REF_1,'%s %s %f64 %f64 %f64 %d8 %d8 %f64 %f64 %f64 %f64
%f64 %f64 %f %f','headerlines',headlines);
fclose(file_REF_1);

file_REF_1_D = fopen(strcat(chemin,'\ ', data_REF_1_D, '.pos'));
A_REF_1_D= textscan(file_REF_1_D,'%s %s %f64 %f64 %f64 %d8 %d8 %f64 %f64 %f64
%f64 %f64 %f64 %f %f','headerlines',headlines_D);
fclose(file_REF_1_D);

%% Traitement SPP
disp('Traitement des données en SPP');

disp('Jour 1 - 05/06/18');
[nr_REF_2,~] = size(A_REF_2{3});
    for i =1:nr_REF_2
        SPP_REF_2(i,1) = A_REF_2{3}(i);
        SPP_REF_2(i,2) = A_REF_2{4}(i);
        SPP_REF_2(i,3) = A_REF_2{5}(i);
    end
ID=0;
ID_2=0;

```

```

for i = 1:nr_REF_2
    if (( mean(SPP_REF_2(:,1)) - std(SPP_REF_2(:,1))*1.96 < SPP_REF_2(i,1))
    &&( SPP_REF_2(i,1) < (mean(SPP_REF_2(:,1)) + std(SPP_REF_2(:,1))*1.96)) &&
    (mean(SPP_REF_2(:,2)) - std(SPP_REF_2(:,2))*1.96 < SPP_REF_2(i,2)) &&
    SPP_REF_2(i,2) < (mean(SPP_REF_2(:,2)) + std(SPP_REF_2(:,2))*1.96)) &&
    (mean(SPP_REF_2(:,1)) - std(SPP_REF_2(:,3))*1.96 < SPP_REF_2(i,1)) &&
    SPP_REF_2(i,1) < (mean(SPP_REF_2(:,3)) + std(SPP_REF_2(:,3))*1.96)))
        ID=ID+1;
        SPP_REF_2_95(ID,1) = SPP_REF_2(i,1);
        SPP_REF_2_95(ID,2) = SPP_REF_2(i,2);
        SPP_REF_2_95(ID,3) = SPP_REF_2(i,3);
    else
        disp('non')
        ID_2=ID_2+1;
    end
end

disp('Jour 2 - 06/06/18');
[nr_REF_1,~] = size(A_REF_1{3});
for i =1:nr_REF_1
    SPP_REF_1(i,1) = A_REF_1{3}(i);
    SPP_REF_1(i,2) = A_REF_1{4}(i);
    SPP_REF_1(i,3) = A_REF_1{5}(i);
end
ID=0;
ID_2=0;
for i = 1:nr_REF_1
    if (( mean(SPP_REF_1(:,1)) - std(SPP_REF_1(:,1))*1.96 < SPP_REF_1(i,1))
    &&( SPP_REF_1(i,1) < (mean(SPP_REF_1(:,1)) + std(SPP_REF_1(:,1))*1.96)) &&
    (mean(SPP_REF_1(:,2)) - std(SPP_REF_1(:,2))*1.96 < SPP_REF_1(i,2)) &&
    SPP_REF_1(i,2) < (mean(SPP_REF_1(:,2)) + std(SPP_REF_1(:,2))*1.96)) &&
    (mean(SPP_REF_1(:,1)) - std(SPP_REF_1(:,3))*1.96 < SPP_REF_1(i,1)) &&
    SPP_REF_1(i,1) < (mean(SPP_REF_1(:,3)) + std(SPP_REF_1(:,3))*1.96)))
        ID=ID+1;
        SPP_REF_1_95(ID,1) = SPP_REF_1(i,1);
        SPP_REF_1_95(ID,2) = SPP_REF_1(i,2);
        SPP_REF_1_95(ID,3) = SPP_REF_1(i,3);
    else
        disp('non')
        ID_2=ID_2+1;
    end
end

%% Traitement DGPS
disp('Traitement des données en DGPS');

disp('Jour 1 - 05/06/18');
[nr_REF_2_D,~] = size(A_REF_2_D{3});
for i =1:nr_REF_2_D

```

```

        DGPS_REF_2(i,1) = A_REF_2_D{3}(i);
        DGPS_REF_2(i,2) = A_REF_2_D{4}(i);
        DGPS_REF_2(i,3) = A_REF_2_D{5}(i);
    end
    ID=0;
    ID_2=0;
    for i = 1:nr_REF_2_D
        if (( mean(DGPS_REF_2(:,1)) - std(DGPS_REF_2(:,1))*1.96 < DGPS_REF_2(i,1))
        &&( DGPS_REF_2(i,1) < (mean(DGPS_REF_2(:,1)) + std(DGPS_REF_2(:,1))*1.96)) &&
        (mean(DGPS_REF_2(:,2)) - std(DGPS_REF_2(:,2))*1.96 < DGPS_REF_2(i,2)) &&
        DGPS_REF_2(i,2) < (mean(DGPS_REF_2(:,2)) + std(DGPS_REF_2(:,2))*1.96)) &&
        (mean(DGPS_REF_2(:,1)) - std(DGPS_REF_2(:,3))*1.96 < DGPS_REF_2(i,1)) &&
        DGPS_REF_2(i,1) < (mean(DGPS_REF_2(:,3)) + std(DGPS_REF_2(:,3))*1.96)))
            ID=ID+1;
            DGPS_REF_2_95(ID,1) = DGPS_REF_2(i,1);
            DGPS_REF_2_95(ID,2) = DGPS_REF_2(i,2);
            DGPS_REF_2_95(ID,3) = DGPS_REF_2(i,3);
        else
            disp('non')
            ID_2=ID_2+1;
        end
    end
end

disp('Jour 2 - 06/06/18');
[nr_REF_1_D,~] = size(A_REF_1_D{3});
    for i =1:nr_REF_1_D
        DGPS_REF_1(i,1) = A_REF_1_D{3}(i);
        DGPS_REF_1(i,2) = A_REF_1_D{4}(i);
        DGPS_REF_1(i,3) = A_REF_1_D{5}(i);
    end
    ID=0;
    ID_2=0;
    for i = 1:nr_REF_1_D
        if (( mean(DGPS_REF_1(:,1)) - std(DGPS_REF_1(:,1))*1.96 < DGPS_REF_1(i,1))
        &&( DGPS_REF_1(i,1) < (mean(DGPS_REF_1(:,1)) + std(DGPS_REF_1(:,1))*1.96)) &&
        (mean(DGPS_REF_1(:,2)) - std(DGPS_REF_1(:,2))*1.96 < DGPS_REF_1(i,2)) &&
        DGPS_REF_1(i,2) < (mean(DGPS_REF_1(:,2)) + std(DGPS_REF_1(:,2))*1.96)) &&
        (mean(DGPS_REF_1(:,1)) - std(DGPS_REF_1(:,3))*1.96 < DGPS_REF_1(i,1)) &&
        DGPS_REF_1(i,1) < (mean(DGPS_REF_1(:,3)) + std(DGPS_REF_1(:,3))*1.96)))
            ID=ID+1;
            DGPS_REF_1_95(ID,1) = DGPS_REF_1(i,1);
            DGPS_REF_1_95(ID,2) = DGPS_REF_1(i,2);
            DGPS_REF_1_95(ID,3) = DGPS_REF_1(i,3);
        else
            disp('non')
            ID_2=ID_2+1;
        end
    end
end
end

```

```
% Coordonnées et précision
disp('Coordonnées et précision');

disp('STATION REF_2');
disp('SPP');
disp('Toutes les valeurs');
disp(mean(SPP_REF_2));
disp('Position moyenne à 95%');
disp(mean(SPP_REF_2_95));

disp('Ecart-type')

disp('Toutes les valeurs');
disp(std(SPP_REF_2));
disp('95% de l échantillon');
disp(std(SPP_REF_2_95));

disp('Différentiel');
disp('Toutes les valeurs');
disp(mean(DGPS_REF_2));
disp('Position moyenne à 95%');
disp(mean(DGPS_REF_2_95));

disp('Ecart-type')

disp('Toutes les valeurs');
disp(std(DGPS_REF_2))

disp('95% de l échantillon');
disp(std(DGPS_REF_2_95));

disp('Station REF_1');
disp('SPP');
disp('Toutes les valeurs');
disp(mean(SPP_REF_1));
disp('Position moyenne à 95%');
disp(mean(SPP_REF_1_95));

disp('Ecart-type')

disp('Toutes les valeurs');
disp(std(SPP_REF_1));
disp('95% de l échantillon');
disp(std(SPP_REF_1_95));

disp('Différentiel');
disp('Toutes les valeurs');
disp(mean(DGPS_REF_1));
disp('Position moyenne à 95%');
```

```
disp(mean(DGPS_REF_1_95));

disp('Ecart-type')

disp('Toutes les valeurs');
disp(std(DGPS_REF_1));
disp('95% de 1 échantillon');
disp(std(DGPS_REF_1_95));

%% Graphiques résultats
subplot(3,1,1)
plot(SPP_REF_2(:,1))
title('X')
subplot(3,1,2)
plot(SPP_REF_2(:,2))
title('Y')
subplot(3,1,3)
plot(SPP_REF_2(:,3))
title('Z')

saveas(gcf, 'SPP_REF_2.png')

subplot(3,1,1)
plot(SPP_REF_2_95(:,1))
title('X')
subplot(3,1,2)
plot(SPP_REF_2_95(:,2))
title('Y')
subplot(3,1,3)
plot(SPP_REF_2_95(:,3))
title('Z')
saveas(gcf, 'SPP_REF_2_95.png')

subplot(3,1,1)
plot(DGPS_REF_2(:,1))
title('X')
subplot(3,1,2)
plot(DGPS_REF_2(:,2))
title('Y')
subplot(3,1,3)
plot(DGPS_REF_2(:,3))
title('Z')
saveas(gcf, 'DGPS_REF_2.png')

subplot(3,1,1)
plot(DGPS_REF_2_95(:,1))
title('X')
subplot(3,1,2)
plot(DGPS_REF_2_95(:,2))
```

```
title('Y')
subplot(3,1,3)
plot(DGPS_REF_2_95(:,3))
title('Z')
saveas(gcf, 'DGPS_REF_2_95.png')

subplot(3,1,1)
plot(SPP_REF_1(:,1))
title('X')
subplot(3,1,2)
plot(SPP_REF_1(:,2))
title('Y')
subplot(3,1,3)
plot(SPP_REF_1(:,3))
title('Z')
saveas(gcf, 'SPP_REF_1.png')

subplot(3,1,1)
plot(SPP_REF_1_95(:,1))
title('X')
subplot(3,1,2)
plot(SPP_REF_1_95(:,2))
title('Y')
subplot(3,1,3)
plot(SPP_REF_1_95(:,3))
title('Z')
saveas(gcf, 'SPP_REF_1_95.png')

subplot(3,1,1)
plot(DGPS_REF_1(:,1))
title('X')
subplot(3,1,2)
plot(DGPS_REF_1(:,2))
title('Y')
subplot(3,1,3)
plot(DGPS_REF_1(:,3))
title('Z')
saveas(gcf, 'DGPS_REF_1.png')

subplot(3,1,1)
plot(DGPS_REF_1_95(:,1))
title('X')
subplot(3,1,2)
plot(DGPS_REF_1_95(:,2))
title('Y')
subplot(3,1,3)
plot(DGPS_REF_1_95(:,3))
title('Z')
saveas(gcf, 'DGPS_REF_1_95.png')
```


3.3 Helmert 2D

```

format long
table1=xlsread('Coord_UTM.xlsx','REF_UTM');
table2=xlsread('Coord_UTM.xlsx','REF_local');
Local_ID=[table2(:,1)]% ID_local
x=[table2(:,2)];% x local
y=[table2(:,3)];% y local
z=[table2(:,4)];
ID=[table1(:,1)];% ID_UTM_32N
X=[table1(:,2)]; % X_UTM_32N
Y=[table1(:,3)]; % Y_UTM_32N
Z=[table1(:,4)];
local=[x,y,z]
A=zeros(2*size(local,1),4);
for i=1:2:size(local,1)*2
    A(i,1)=local((i+1)/2,2);
    A(i,2)=local((i+1)/2,1);
    A(i+1,1)=local((i+1)/2,1);
    A(i+1,2)=-local((i+1)/2,2);
    A(i,3)=1;
    A(i+1,4)=1;
end
A;
P=ones(2*size(local,1));
P;
W=zeros(2*size(X,1),1);
for i=1:2:size(X,1)*2
    W(i+1,1)=-X((i+1)/2,1);
    W(i,1)=-Y((i+1)/2,1);
end
W;
N=A'*A
u=A'*W
x_estim=-inv(N)*u
%% Rotation
omega=(atan(x_estim(2)/x_estim(1)))
%% Fact. Echelle
m=sqrt(x_estim(1)^2+x_estim(2)^2)
%% Coordonnées calculées
X_UTM=zeros(size(local,1),1);
Y_UTM=zeros(size(local,1),1);
for i=1:size(local,1)
    Y_UTM(i,1)=local(i,2)*x_estim(1,1)+local(i,1)*x_estim(2,1)+x_estim(3,1);
    X_UTM(i,1)=local(i,2)*-x_estim(2,1)+local(i,1)*x_estim(1,1)+x_estim(4,1);
end
X_UTM
Y_UTM

```

Annexe n°4 : Tableurs Excel

4.1 Traitements données Brutes

4.1.1 Cheminement

Colliation et tour d'horizon

St	Visée	Hz CG	V CG	Do CG	Hz CD	V CD	Do CD	Hp	Hst	Coll Hz	Coll V	Hz CG corr	V CG corr	T h - Hz	T H - V	Hz CG comp	V CG comp
REF_2	REF_1	46.967	102.732	131.732	246.972	297.261	131.732	1.134	1.534	-0.002	-0.004	46.969	102.736	0.000	0.001	46.969	102.736
	REF_3	340.851	74.417	513.359	140.866	325.582	513.359	1.537	1.534	-0.007	0.000	340.858	74.418			340.858	74.417
	REF_1	46.968	102.733	131.732	246.972	297.261	131.732	1.134	1.534	-0.002	-0.003	46.970	102.736			46.969	102.736
REF_3	REF_2	250.001	125.592	513.359	50.004	274.408	513.359	1.538	1.565	-0.001	0.000	250.002	125.592	0.000	-0.001	250.002	125.592
	REF_1	233.209	124.829	543.204	33.193	275.178	543.204	1.134	1.565	0.008	0.003	233.201	124.826			233.201	124.826
	REF_2	250.001	125.590	513.358	50.004	274.408	513.359	1.538	1.565	-0.001	-0.001	250.002	125.591			250.002	125.592
REF_1	REF_2	247.103	97.276	131.732	47.104	302.726	131.732	1.538	1.234	0.000	0.001	247.103	97.275	0.013	0.000	247.103	97.275
	REF_3	324.217	75.183	543.204	124.212	324.813	543.204	1.537	1.234	0.002	-0.002	324.214	75.185			324.208	75.185
	REF_2	247.116	97.274	131.732	47.117	302.724	131.732	1.538	1.234	0.000	-0.001	247.117	97.275			247.103	97.275

Moyenne

Station	Pt. Visé	Hz corrigé	V corrigé	Dist pte moy.
REF_2	REF_1	46.969	102.735	131.732
	REF_3	340.858	74.417	513.359
REF_3	REF_2	250.002	125.592	513.359
	REF_1	233.201	124.826	543.204
REF_1	REF_2	247.103	97.275	131.732
	REF_3	324.208	75.184	543.204

Correction atmosphérique

STATION	Paramètres terrain à intervalles réguliers					a	0.00366086	Station	Pt. Visé	D o (m)	Do corr (m)
	HEURE	T°	PRESSION	HUMIDITE	X	CORRECTION					
	Hmin	(°C)	hPa	%		mm	m				
REF_2	11h20	2	750	60	0.84838282	65.8	0.0658	REF_2	REF_1	131.732	131.741
REF_3	13h00	2	750	60	0.84838282	65.8	0.0658		REF_3	513.359	513.393
REF_1	16h00	2	750	60	0.84838282	65.8	0.0658	REF_1	REF_2	513.359	513.393
									REF_1	543.204	543.240
									REF_2	131.732	131.741
									REF_3	543.204	543.240

Calcul distance horizontale et dénivelée

Station	Pt. Visé	H_prisme	H_station	H_prisme_corr	H_station_corr	Hz CG compensé	V CG compensé	D_pente_COR	D_Horiz	Delta_H
REF_2	REF_1	1.134	1.534	1.134	1.534	46.969	102.736	131.7407	131.619	-5.259
	REF_3	1.537	1.534	1.537	1.534	340.858	74.417	513.3928	472.495	200.798
REF_3	REF_2	1.538	1.565	1.538	1.565	250.002	125.592	513.3928	472.466	-200.842
	REF_1	1.134	1.565	1.134	1.565	233.201	124.826	543.2398	502.454	-206.086
REF_1	REF_2	1.538	1.234	1.538	1.234	247.103	97.275	131.7407	131.620	5.333
	REF_3	1.537	1.234	1.537	1.234	324.208	75.185	543.2398	502.490	206.127

Calcul de la fermeture angulaire

Fermeture					
Station		Visée	REF_1	200.000	gons
ID	G0		REF_3	93.888	gons
REF_2	153.031				
Station		Visée	REF_2	293.888	gons
ID	G0		REF_1	277.087	gons
REF_3	43.886				
Station		Visée	REF_2	399.982	gons
ID	G0		REF_3	77.087	gons
REF_1	152.879				
			Fermeture:	0.017	
			Fermeture admis.	Script MatLab	

ANGLE (sur base gisement non compensé)	
REF_1-REF_2-REF_3	106.111
REF_2-REF_3-REF_1	16.801
REF_3-REF_1-REF_2	77.104
Fermeture	0.0171
(n-2)*200	200.0000

4.1.2 Lever topographique des cibles

Colliation

St	Visée	Hz CG	V CG	Do CG	Hz CD	V CD	Do CD	Hp	Hst	Coll Hz	Coll V	Hz CG corr	Ferm	ID	Hz CG comp	V CG comp
REF_1	REF_2	50.000	97.326	131.721	250.004	302.674	131.721	1.530	1.352	-0.002	0.000	50.002	-0.009	1.000	50.002	97.326
	1	192.290	95.226	164.554	392.296	304.767	164.559	0.400	1.352	-0.003	-0.004	192.293		2.000	192.295	95.229
	2	173.414	79.471	317.557	373.424	320.530	317.567	0.400	1.352	-0.005	0.001	173.419		3.000	173.423	79.470
	3	148.895	78.686	505.053	348.909	321.303	505.038	0.700	1.352	-0.007	-0.006	148.902		4.000	148.907	78.691
	4	129.083	77.401	520.424	329.089	322.593	520.429	0.400	1.352	-0.003	-0.003	129.086		5.000	129.092	77.404
	5	109.932	79.411	382.491	309.942	320.597	382.496	0.400	1.352	-0.005	0.004	109.937		6.000	109.944	79.407
	6	89.836	80.884	274.593	289.838	319.115	274.580	0.400	1.352	-0.001	0.000	89.837		7.000	89.845	80.885
	REF_2	49.991	97.324	131.721	249.995	302.684	131.722	1.530	1.352	-0.002	0.004	49.993		8.000	50.002	97.320
REF_3	REF_2	250.001	125.592	513.359	50.004	274.408	513.359	1.538	1.565	-0.001	0.000	250.002	0.000	1.000	250.002	125.592
	7	44.839	67.576	225.553	244.849	332.395	225.554	0.400	1.565	-0.005	-0.015	44.844		4.000	44.844	67.590
	8	72.039	69.058	360.868	272.054	330.942	360.877	0.400	1.565	-0.008	0.000	72.047		5.000	72.047	69.058
	9	42.742	72.864	56.960	242.742	327.130	56.962	0.400	1.565	0.000	-0.003	42.742		11.000	42.742	72.867
	REF_2	250.001	125.590	513.358	50.004	274.408	513.359	1.538	1.565	-0.001	-0.001	250.002		12.000	250.002	125.591
REF_3	REF_2	250.001	125.592	513.359	50.004	274.408	513.359	1.538	1.565	-0.001	0.000	250.002	0.000	1.000	250.002	125.592
	101	61.793	76.985	89.627	261.813	323.018	89.625	0.400	1.565	-0.010	0.002	61.803		2.000	61.803	76.984
	102	42.862	68.679	138.576	242.865	331.323	138.653	0.400	1.565	-0.002	0.001	42.864		3.000	42.864	68.678
	103	71.508	70.151	307.819	271.520	329.849	307.825	0.400	1.565	-0.006	0.000	71.514		6.000	71.514	70.151
	104	58.334	69.503	271.821	258.342	330.501	271.820	0.400	1.565	-0.004	0.002	58.338		7.000	58.338	69.501
	105	64.223	71.700	209.000	264.236	328.306	209.001	0.400	1.565	-0.007	0.003	64.229		8.000	64.229	71.697
	106	65.462	74.473	142.669	265.460	325.521	142.668	0.400	1.565	0.001	-0.003	65.461		9.000	65.460	74.476
	107	74.267	81.400	90.904	274.263	318.594	90.903	0.400	1.565	0.002	-0.003	74.265		10.000	74.265	81.403
	REF_2	250.001	125.590	513.358	50.004	274.408	513.359	1.538	1.565	-0.001	-0.001	250.002		12.000	250.002	125.591
REF_1	REF_2	247.103	98.134	131.664	47.103	301.866	131.664	0.100	1.584	0.000	0.000	247.103	-0.011	1.000	247.103	98.134

	201	328.866	78.003	504.208	128.852	321.997	504.209	0.700	1.584	0.007	0.000	328.859		2.000	328.861	78.003
	202	335.502	77.807	508.831	135.505	322.191	508.828	0.700	1.584	-0.001	-0.001	335.503		3.000	335.505	77.808
	203	343.044	79.248	468.421	143.046	320.749	468.421	0.400	1.584	-0.001	-0.001	343.045		4.000	343.047	79.250
	204	337.723	79.340	450.583	137.723	320.659	450.583	0.400	1.584	0.000	-0.001	337.723		5.000	337.726	79.341
	205	330.950	79.628	432.728	130.956	320.372	432.727	0.400	1.584	-0.003	0.000	330.953		6.000	330.957	79.628
	206	326.404	80.166	403.410	126.403	319.841	403.419	0.400	1.584	0.000	0.003	326.404		7.000	326.408	80.163
	207	334.108	80.482	395.232	134.121	319.518	395.234	0.400	1.584	-0.006	0.000	334.114		8.000	334.119	80.482
	208	341.538	80.848	383.941	141.543	319.155	383.937	0.400	1.584	-0.002	0.002	341.541		9.000	341.546	80.847
	209	350.657	80.825	313.192	150.653	319.181	313.191	0.400	1.584	0.002	0.003	350.655		10.000	350.661	80.822
	210	334.870	81.602	293.107	134.862	318.402	293.107	0.400	1.584	0.004	0.002	334.866		11.000	334.873	81.600
	211	316.305	83.942	284.401	116.300	316.061	284.400	0.400	1.584	0.003	0.001	316.302		12.000	316.309	83.940
	212	312.554	87.127	233.130	112.562	312.878	233.133	0.400	1.584	-0.004	0.002	312.558		13.000	312.566	87.124
	213	333.913	87.481	185.779	133.903	312.514	185.782	0.400	1.584	0.005	-0.003	333.908		14.000	333.916	87.483
	214	363.134	92.059	151.349	163.137	307.945	151.349	0.400	1.584	-0.001	0.002	363.136		15.000	363.144	92.057
	215	305.275	93.760	111.568	105.295	306.244	111.568	0.400	1.584	-0.010	0.002	305.285		16.000	305.294	93.758
	216	300.469	102.378	60.615	100.473	297.620	60.610	0.400	1.584	-0.002	-0.001	300.471		17.000	300.481	102.379
	REF_2	247.088	98.125	131.665	47.097	301.874	131.665	0.100	1.584	-0.004	0.000	247.092		18.000	247.103	98.126

Moyenne

Station	Pt. Visé	H _z compensé	V corrigé	Dist pte moy.
REF_1	REF_2	50.002	97.326	131.721
	1	192.295	95.229	164.557
	2	173.423	79.470	317.562
	3	148.907	78.691	505.046
	4	129.092	77.404	520.427
	5	109.944	79.407	382.494

	6	89.845	80.885	274.587
	REF_2	50.002	97.320	131.722
REF_3	REF_2	250.002	125.592	513.359
	7	44.844	67.590	225.554
	8	72.047	69.058	360.873
	9	42.742	72.867	56.961
	REF_2	250.002	125.591	513.359
	REF_2	250.002	125.592	513.359
	101	61.803	76.984	89.626
	102	42.864	68.678	138.615
	103	71.514	70.151	307.822
	104	58.338	69.501	271.821
	105	64.229	71.697	209.001
	106	65.460	74.476	142.669
	107	74.265	81.403	90.904
	REF_2	250.002	125.591	513.359
	REF_2	247.103	98.134	131.664
	201	328.861	78.003	504.209
	202	335.505	77.808	508.830
	203	343.047	79.250	468.421
	204	337.726	79.341	450.583
	205	330.957	79.628	432.728
	206	326.408	80.163	403.415
	207	334.119	80.482	395.233

	208	341.546	80.847	383.939
	209	350.661	80.822	313.192
	210	334.873	81.600	293.107
	211	316.309	83.940	284.401
	212	312.566	87.124	233.132
	213	333.916	87.483	185.781
	214	363.144	92.057	151.349
	215	305.294	93.758	111.568
	216	300.481	102.379	60.613
	REF_2	247.103	98.126	131.665

Correction atmosphérique

STATION	Paramètres terrain à intervalles réguliers					a	0.00366086	Station	Pt. Visé	D o (m)	Di o corr(m)	
	HEURE	T°	PRESSION	HUMIDITE	X	CORRECTION		REF_1	REF_2	131.721	131.730	
	Hmin	(°C)	hPa	%		mm	m		1	164.557	164.567	
REF_1	11h00	2	750	60	0.84838282	65.842	0.066		2	317.562	317.583	
REF_3	12h00	2	750	60	0.84838282	65.842	0.066		3	505.046	505.079	
									4	520.427	520.461	
									5	382.494	382.519	
									6	274.587	274.605	
									REF_2	131.722	131.730	
									REF_3	REF_2	513.359	513.393
										7	225.554	225.568
								8		360.873	360.896	
								9		56.961	56.965	
								REF_2		513.359	513.392	

REF_3	REF_2	513.359	513.364
	101	89.626	89.627
	102	138.615	138.616
	103	307.822	307.825
	104	271.821	271.823
	105	209.001	209.003
	106	142.669	142.670
	107	90.904	90.904
	REF_2	513.359	513.364
REF_1	REF_2	131.664	131.665
	201	504.209	504.214
	202	508.830	508.835
	203	468.421	468.426
	204	450.583	450.587
	205	432.728	432.732
	206	403.415	403.419
	207	395.233	395.237
	208	383.939	383.943
	209	313.192	313.195
	210	293.107	293.110
	211	284.401	284.403
	212	233.132	233.134
	213	185.781	185.782
	214	151.349	151.351
	215	111.568	111.569
	216	60.613	60.613
	REF_2	131.665	131.666

Calcul distance horizontale et dénivelée

<i>Station</i>	<i>Pt. Visé</i>	<i>H_prisme</i>	<i>H_station</i>	<i>H_prisme_cor r</i>	<i>H_station_cor r</i>	<i>Hz CG compensé</i>	<i>V CG compensé</i>	<i>D_pente_CO R</i>	<i>D_Horiz</i>	<i>Delta_H</i>
REF_1	REF_2	1.53	1.352	1.530	1.352	50.002	97.326	131.730	131.614	5.353
	1	0.4	1.352	0.400	1.352	192.295	95.229	164.567	164.105	13.273
	2	0.4	1.352	0.400	1.352	173.423	79.470	317.583	301.212	101.600
	3	0.7	1.352	0.700	1.352	148.907	78.691	505.079	477.049	166.570
	4	0.4	1.352	0.400	1.352	129.092	77.404	520.461	488.019	181.830
	5	0.4	1.352	0.400	1.352	109.944	79.407	382.519	362.680	122.539
	6	0.4	1.352	0.400	1.352	89.845	80.885	274.605	262.318	82.173
	REF_2	1.53	1.352	1.530	1.352	50.002	97.320	131.730	131.613	5.366
REF_3	REF_2	1.538	1.565	1.538	1.565	250.002	125.592	513.393	472.466	-200.842
	7	0.4	1.565	0.400	1.565	44.844	67.590	225.568	196.963	111.103
	8	0.4	1.565	0.400	1.565	72.047	69.058	360.896	319.101	169.748
	9	0.4	1.565	0.400	1.565	42.742	72.867	56.965	51.869	24.715
	REF_2	1.538	1.565	1.538	1.565	250.002	125.591	513.392	472.468	-200.836
REF_3	REF_2	1.538	1.565	1.538	1.565	250.002	125.592	513.364	472.439	-200.830
	101	0.400	1.565	0.400	1.565	61.803	76.984	89.627	83.833	32.867
	102	0.400	1.565	0.400	1.565	42.864	68.678	138.616	122.174	66.646
	103	0.400	1.565	0.400	1.565	71.514	70.151	307.825	274.605	140.263
	104	0.400	1.565	0.400	1.565	58.338	69.501	271.823	241.221	126.466
	105	0.400	1.565	0.400	1.565	64.229	71.697	209.003	188.686	91.053
	106	0.400	1.565	0.400	1.565	65.460	74.476	142.670	131.356	56.845
	107	0.400	1.565	0.400	1.565	74.265	81.403	90.904	87.053	27.344
	REF_2	1.538	1.565	1.538	1.565	250.002	125.591	513.364	472.441	-200.825
REF_1	REF_2	0.100	1.584	0.100	1.584	247.103	98.134	131.665	131.609	5.343
	201	0.700	1.584	0.700	1.584	328.861	78.003	504.214	474.414	171.655
	202	0.700	1.584	0.700	1.584	335.505	77.808	508.835	478.231	174.688
	203	0.400	1.584	0.400	1.584	343.047	79.250	468.426	443.762	151.176

	204	0.400	1.584	0.400	1.584	337.726	79.341	450.587	427.069	144.854
	205	0.400	1.584	0.400	1.584	330.957	79.628	432.732	410.764	137.309
	206	0.400	1.584	0.400	1.584	326.408	80.163	403.419	383.991	124.867
	207	0.400	1.584	0.400	1.584	334.119	80.482	395.237	376.806	120.471
	208	0.400	1.584	0.400	1.584	341.546	80.847	383.943	366.697	114.963
	209	0.400	1.584	0.400	1.584	350.661	80.822	313.195	299.091	94.111
	210	0.400	1.584	0.400	1.584	334.873	81.600	293.110	280.952	84.727
	211	0.400	1.584	0.400	1.584	316.309	83.940	284.403	275.402	72.170
	212	0.400	1.584	0.400	1.584	312.566	87.124	233.134	228.382	48.014
	213	0.400	1.584	0.400	1.584	333.916	87.483	185.782	182.203	37.476
	214	0.400	1.584	0.400	1.584	363.144	92.057	151.351	150.174	20.019
	215	0.400	1.584	0.400	1.584	305.294	93.758	111.569	111.033	12.105
	216	0.400	1.584	0.400	1.584	300.481	102.379	60.613	60.571	-1.081
	REF_2	0.100	1.584	0.100	1.584	247.103	98.126	131.666	131.609	5.360

Calcul des gisements et des coordonnées

				Station	
Coordonnées Stations				ID	G0
	X	Y	Z		
REF_2	5000.000	1000.000	100.000	REF_1	152.8971
REF_3	5470.351	1045.070	300.803	REF_3	43.88647
REF_1	5000.000	868.378	94.705		

Coordonnées

				Station (Lever valid)		Station (lever rigide)	
Coordonnées Stations				ID	G0	ID	G0
	X	Y	Z				
REF_2	5000.000	1000.000	100.000	REF_1	152.8971	REF_1	349.9980
REF_3	5470.351	1045.070	300.803	REF_3	43.88647	REF_3	43.8865
REF_1	5000.000	868.378	94.705				
Station	Pt. Visé	Gisement	Distance Plani	X	Y	Z	
REF_1	1	142.293	164.105	5129.204	767.200	107.978	
	2	123.421	301.212	5281.058	760.047	196.306	
	3	98.905	477.049	5476.978	876.586	261.276	
	4	79.090	488.019	5461.930	1025.804	276.535	
	5	59.942	362.680	5293.220	1081.823	217.244	
	6	39.843	262.318	5153.663	1080.977	176.878	
REF_3	7	88.731	196.963	5664.236	1079.755	411.906	
	8	115.933	319.101	5779.510	966.037	470.551	
	9	86.628	51.869	5521.080	1055.885	325.518	
REF_3	101	105.690	83.833	5553.849	1037.588	333.670	
	102	86.750	122.174	5589.889	1070.315	367.449	
	103	115.401	274.605	5736.960	979.286	441.065	
	104	102.224	241.221	5711.425	1036.644	427.268	
	105	108.116	188.686	5657.505	1021.081	391.855	
	106	109.347	131.356	5600.294	1025.854	357.648	
	107	118.151	87.053	5553.890	1020.585	328.147	
REF_1	201	81.758	474.414	5455.069	1002.468	266.361	
	202	88.402	478.231	5470.317	955.021	269.393	

	203	95.944	443.762	5442.862	896.629	245.882
	204	90.623	427.069	5422.445	931.054	239.560
	205	83.854	410.764	5397.623	971.445	232.015
	206	79.305	383.991	5363.880	991.017	219.572
	207	87.016	376.806	5368.997	944.695	215.176
	208	94.443	366.697	5365.301	900.345	209.668
	209	103.558	299.091	5298.624	851.671	188.816
	210	87.770	280.952	5275.783	922.020	179.433
	211	69.207	275.402	5243.808	996.456	166.875
	212	65.463	228.382	5195.590	986.288	142.720
	213	86.813	182.203	5178.308	905.850	132.182
	214	116.041	150.174	5145.432	830.936	114.724
	215	58.192	111.033	5087.938	936.166	106.811
	216	53.378	60.571	5045.042	908.875	93.624

4.2 Coordonnées

Tableau 2 : Stations de référence

Cible	Coordonnées locales			Coordonnées UTM		
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>h</i>
REF_1	5000.000	868.378	94.705	717325.628	5130463.165	2427.788
REF_2	5000.000	1000.000	100.000	717451.647	5130500.997	2433.083
REF_3	5470.321	1045.067	300.803	717629.977	5130063.650	2633.885

Tableau 3 : Cibles rigides

Cible	Coordonnées locales			Coordonnées UTM		
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>h</i>
1	5129.196	767.215	107.977	717265.906	5130310.392	2441.060
2	5281.037	760.064	196.300	717302.701	5130162.959	2529.382
3	5476.942	876.594	261.266	717470.578	5130008.888	2594.349
4	5461.894	1025.800	276.525	717609.108	5130066.180	2609.607
5	5293.199	1081.816	217.237	717614.252	5130243.795	2550.320
6	5153.652	1080.971	176.873	717573.334	5130377.158	2509.956
7	5664.193	1079.749	411.900	717718.906	5129887.999	2744.982
8	5779.456	966.040	470.542	717643.167	5129744.959	2803.624
9	5521.046	1055.881	325.517	717654.911	5130018.192	2658.599

Tableau 4 : Cibles de validation

Cible	Coordonnées locales			Coordonnées UTM		
	<i>x</i>	<i>y</i>	<i>z</i>	<i>X</i>	<i>Y</i>	<i>h</i>
101	5553.818	1037.585	333.670	717646.812	5129981.556	2666.752
102	5589.857	1070.312	367.449	717688.505	5129956.458	2700.531

103	5736.925	979.284	441.065	717643.623	5129789.487	2774.148
104	5711.391	1036.641	427.268	717691.199	5129830.420	2760.351
105	5657.473	1021.079	391.855	717660.801	5129877.570	2724.938
106	5600.262	1025.851	357.648	717648.927	5129933.716	2690.730
107	5553.859	1020.582	328.147	717630.545	5129976.630	2661.230
201	5455.060	1002.474	266.361	717584.810	5130066.019	2599.443
202	5470.306	955.027	269.393	717543.766	5130037.784	2602.476
203	5442.853	896.636	245.882	717479.970	5130047.286	2578.964
204	5422.437	931.061	239.560	717507.061	5130076.728	2572.642
205	5397.615	971.451	232.015	717538.597	5130112.101	2565.097
206	5363.873	991.024	219.572	717547.639	5130150.033	2552.655
207	5368.990	944.702	215.176	717504.759	5130131.820	2548.259
208	5365.294	900.353	209.668	717461.236	5130122.611	2542.751
209	5298.620	851.680	188.816	717395.471	5130172.458	2521.898
210	5275.779	922.028	179.433	717456.259	5130214.546	2512.515
211	5243.804	996.463	166.875	717518.335	5130266.554	2499.957
212	5195.587	986.296	142.720	717494.742	5130309.796	2475.802
213	5178.306	905.858	132.182	717412.762	5130303.222	2465.264
214	5145.430	830.945	114.724	717331.589	5130313.167	2447.806
215	5087.937	936.174	106.811	717415.813	5130398.458	2439.893
216	5045.041	908.884	93.624	717377.355	5130431.684	2426.707

4.3 Précision des coordonnées

Tableau 5 : Stations de référence

Cible	Sigma		
	X	Y	Z
REF_1	0.0023	0.0076	0.0031
REF_2	0.0000	0.0157	0.0000
REF_3	0.0221	0.0088	0.0123

Tableau 6 : Cibles Rigides

Cible	Sigma		
	X	Y	Z
1	0.003	0.008	0.005
2	0.004	0.010	0.008
3	0.003	0.014	0.012
4	0.005	0.013	0.012
5	0.006	0.010	0.009
6	0.006	0.008	0.007
7	0.022	0.010	0.013
8	0.022	0.011	0.014
9	0.022	0.009	0.012

Tableau 7 : Cibles de validation

Cible	Sigma		
	X	Y	Z
101	0.022	0.009	0.012
102	0.022	0.009	0.013
103	0.022	0.011	0.014
104	0.022	0.010	0.014
105	0.022	0.010	0.013
106	0.022	0.009	0.013
107	0.022	0.009	0.012
201	0.004	0.013	0.012
202	0.004	0.013	0.012
203	0.003	0.013	0.011
204	0.003	0.013	0.011
205	0.004	0.064	0.010
206	0.004	0.011	0.010
207	0.003	0.012	0.009
208	0.048	0.548	0.009
209	0.003	0.010	0.008
210	0.003	0.010	0.007
211	0.004	0.010	0.007
212	0.004	0.009	0.006
213	0.003	0.009	0.005
214	0.003	0.008	0.005
215	0.003	0.008	0.004
216	0.003	0.008	0.003

4.4 Coordonnées GNSS et précision selon la méthode

Coordonnées

Mesure sur les codes

Single Point Positioning

Totalité de l'échantillon

Station : REF_1		
X [m]	Y [m]	Z [m]
4 322 844.384	904 792.135	4 589 560.101

Station : REF_2		
X [m]	Y [m]	Z [m]
4 322 798.561	904 912.765	4 589 585.790

95% de l'échantillon

Station : REF_1		
X [m]	Y [m]	Z [m]
4 322 844.221	904 792.268	4 589 559.949

Station : REF_2		
X [m]	Y [m]	Z [m]
4 322 798.831	904 912.618	4 589 586.213

DGPS

Totalité de l'échantillon

Station : REF_1		
X [m]	Y [m]	Z [m]
4 322 846.697	904 792.294	4 589 560.590

Station : REF_2		
X [m]	Y [m]	Z [m]
4 322 800.495	904 913.032	4 589 587.219

95% de l'échantillon

Station : REF_1		
X [m]	Y [m]	Z [m]
4 322 846.689	904 792.231	4 589 560.479

Station : REF_2		
X [m]	Y [m]	Z [m]
4 322 800.517	904 913.051	4 589 587.294

Mesure sur les ondes porteuses

Station : REF_1		
X [m]	Y [m]	Z [m]
4 322 845.217	904 792.641	4 589 559.797

Station : REF_2		
X [m]	Y [m]	Z [m]
4 322 799.194	904 913.079	4 589 586.715

Précision**Mesure sur les codes****Single Point Positionning****Totalité de l'échantillon**

Station : REF_1		
$\sigma_x [m]$	$\sigma_y [m]$	$\sigma_z [m]$
2.290	1.304	2.597

Station : REF_2		
$\sigma_x [m]$	$\sigma_y [m]$	$\sigma_z [m]$
4.019	2.984	4.017

95% de l'échantillon

Station : REF_1		
$\sigma_x [m]$	$\sigma_y [m]$	$\sigma_z [m]$
2.085	1.042	2.438

Station : REF_2		
$\sigma_x [m]$	$\sigma_y [m]$	$\sigma_z [m]$
2.802	1.693	3.057

DGPS**Totalité de l'échantillon**

Station : REF_1		
$\sigma_x [m]$	$\sigma_y [m]$	$\sigma_z [m]$
1.015	0.596	1.398

Station : REF_2		
$\sigma_x [m]$	$\sigma_y [m]$	$\sigma_z [m]$
2.897	2.449	2.648

95% de l'échantillon

Station : REF_1		
$\sigma_x [m]$	$\sigma_y [m]$	$\sigma_z [m]$
0.788	0.400	1.041

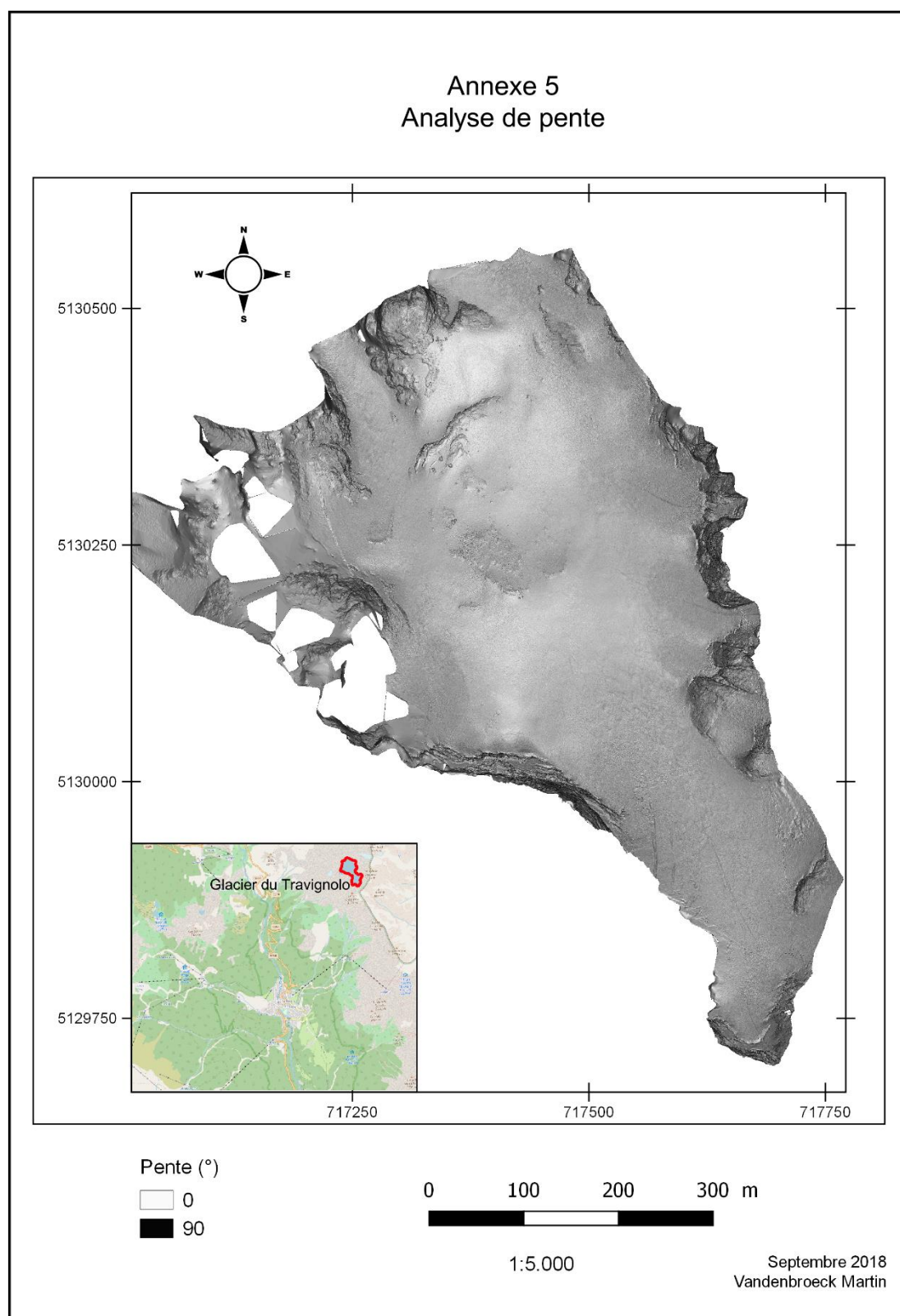
Station : REF_2		
$\sigma_x [m]$	$\sigma_y [m]$	$\sigma_z [m]$
1.895	1.266	2.086

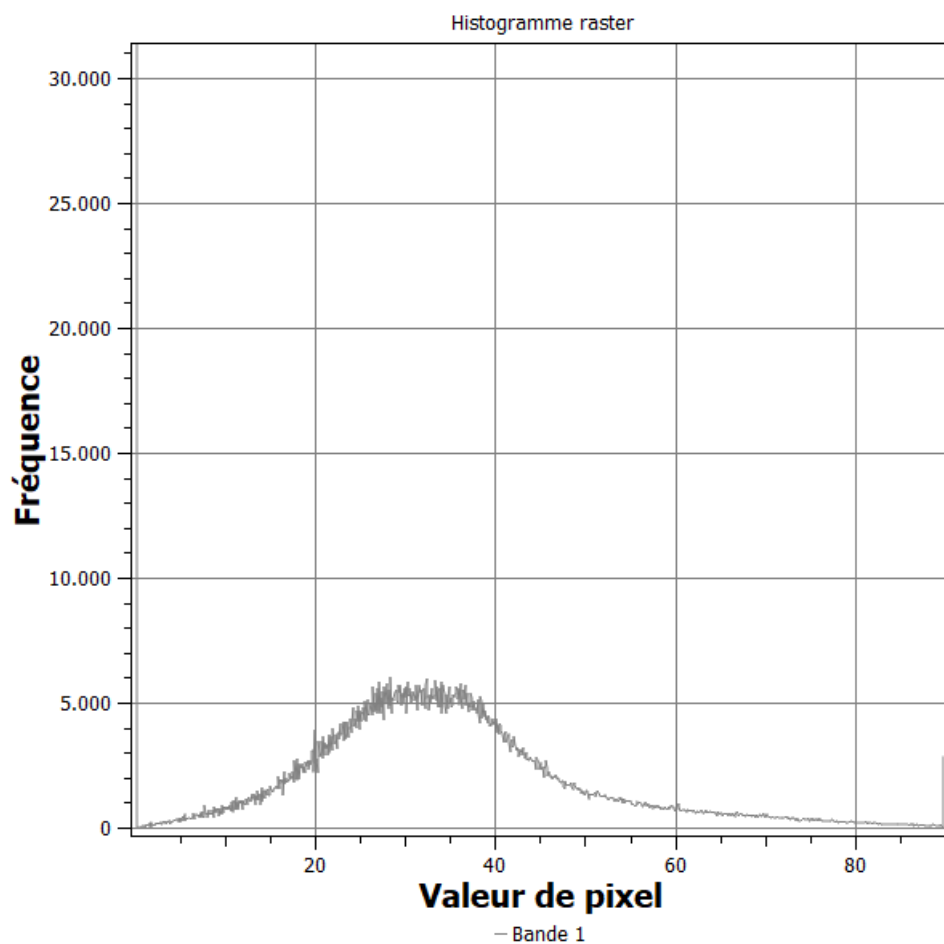
Mesure sur les ondes porteuses

Station : REF_1		
$\sigma_x [m]$	$\sigma_y [m]$	$\sigma_z [m]$
0.011	0.005	0.010

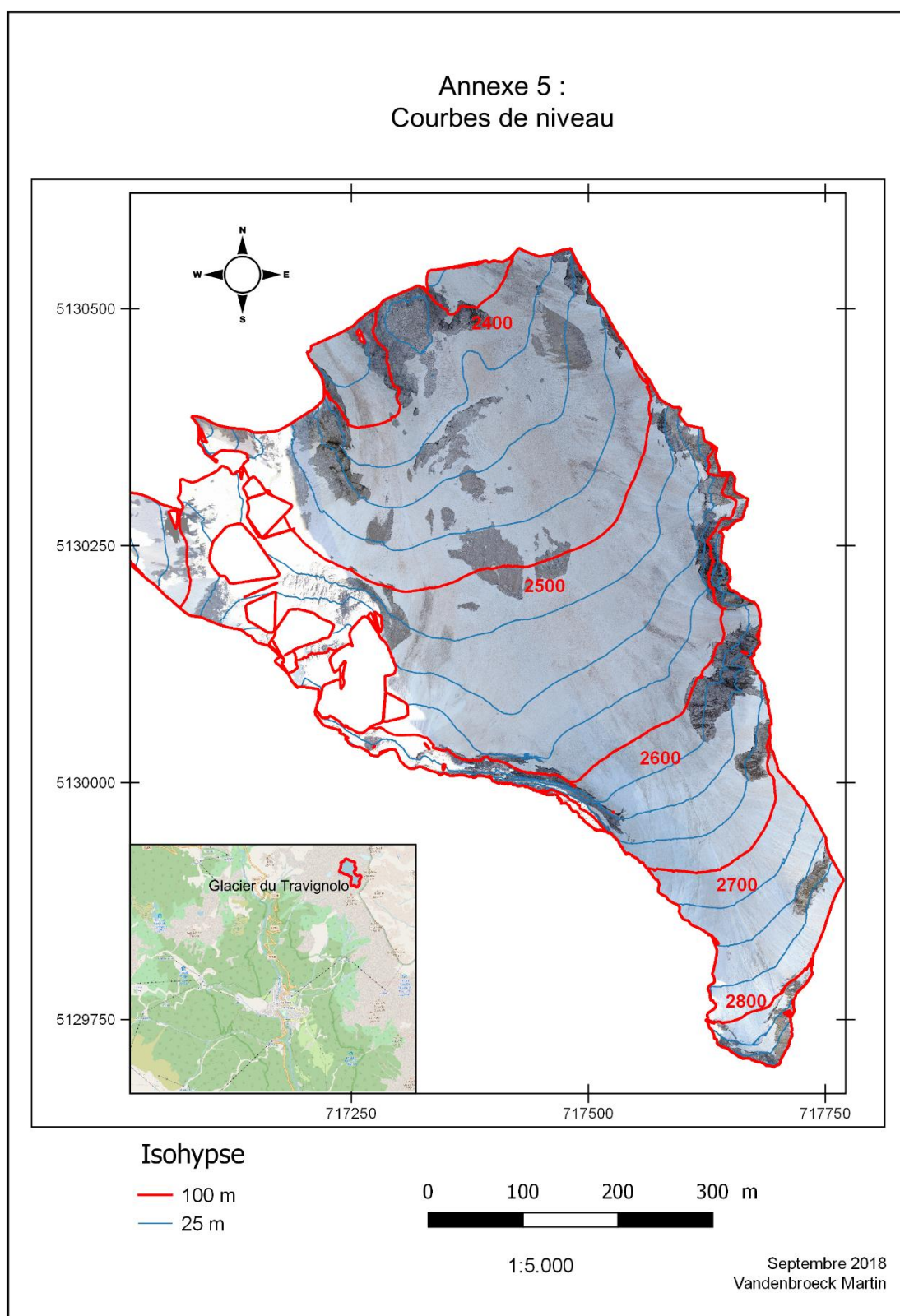
Station : REF_2		
$\sigma_x [m]$	$\sigma_y [m]$	$\sigma_z [m]$
0.014	0.007	0.013

Annexe n°5 : Cartes





Annexe 5 : Courbes de niveau



Annexe n°6 : Aérotriangulation

6.1 Rapport d'aérotriangulation

I. Settings

A. Positioning/georeferencing:

- Positioning mode: Use control points for adjustment

B. Main settings:

- Key point density: Normal
- QR Codes extraction: Disabled
- Pair selection mode: Default
- Blockwise color equalization: Enabled
- Component construction mode: OnePass

C. Estimation policies:

- Tie points: Compute
- Position: Compute
- Rotation: Compute
- Photogroup estimation mode: OnePass
- Focal length: Adjust
- Fisheye focal: Keep
- Principal point: Adjust
- Radial distortion: Adjust
- Tangential distortion: Keep
- Aspect ratio: Keep
- Skew: Keep
- Fisheye distortion: Keep
- Estimation groups: PerPhotogroup

II. Results

A. Global:

- Positioning mode: Use control points for adjustment
- Errors

Before aerotriangulation							
Type	Number of points	Median reprojection error [px]	RMS of reprojection errors [px]	RMS of distances to rays [m]	RMS of 3D errors [m]	RMS of horizontal errors [m]	RMS of vertical errors [m]
Control_points	12	301.60	387.58	12.236	15.398	8.863	12.591
Automatic_tie_points	0						

After aerotriangulation							
Type	Number of points	Median reprojection error [px]	RMS of reprojection errors [px]	RMS of distances to rays [m]	RMS of 3D errors [m]	RMS of horizontal errors [m]	RMS of vertical errors [m]
Control_points	12	0.11	0.27	0.008	0.008	0.007	0.004
Automatic_tie_points	350276	0.50	0.66	0.019			

NB: Horizontal and vertical errors are given according to the following spatial reference system: WGS84

- Connections

		Before aerotriangulation	After aerotriangulation
Number of tested pairs	Median number of tested pairs per photo	Median number of connected photos per photo	Median number of connected photos per photo
10723	22	0	97

C. Per point:

- Control points:

					Before aerotriangulation					
Name	Category	Check point	Horizontal accuracy [m]	Vertical accuracy [m]	Number of photos	RMS of reprojection errors [px]	RMS of distances to rays [m]	3D error [m]	3D horizontal error [m]	3D vertical error [m]
REF_1	Full		0.008	0.003	20	146.98	4.471	6.085	4.826	3.707
REF_2	Full		0.000	0.000	21	297.79	8.201	7.075	7.053	0.559
REF_3	Full		0.024	0.012	53	468.55	14.711	14.526	12.252	7.803
1	Full		0.009	0.005	33	249.96	7.576	7.015	6.637	2.270
2	Full		0.011	0.008	13	262.37	5.823	9.319	4.806	7.985

3	Full		0.014	0.012	45	276.59	12.727	17.1 23	4.590	16.49 6
4	Full		0.014	0.012	70	396.79	14.177	13.5 14	11.499	7.101
5	Full		0.012	0.009	30	498.90	16.539	17.7 32	14.047	10.82 2
6	Full		0.010	0.007	23	632.82	16.105	15.4 58	13.724	7.113
7	Full		0.024	0.013	11	374.24	13.913	24.8 25	5.794	24.13 9
8	Full		0.025	0.014	13	402.19	10.148	21.8 85	3.148	21.65 7
9	Full		0.024	0.012	17	395.42	14.462	16.9 25	8.365	14.71 3
After aerotriangulation										
Nam e	Catego ry	Che ck poin t	Horizon tal accurac y [m]	Vertica l accura cy [m]	Numb er of photo s	RMS of reproject ion errors [px]	RMS of distanc es to rays [m]	3D error [m]	3D horizon tal error [m]	3D vertic al error [m]
REF _1	Full		0.008	0.003	20	0.02	0.001	0.00 1	0.001	0.000
REF _2	Full		0.000	0.000	21	0.03	0.001	0.00 1	0.001	0.000
REF _3	Full		0.024	0.012	53	0.76	0.023	0.02 3	0.021	0.010
1	Full		0.009	0.005	33	0.02	0.000	0.00 1	0.001	0.000
2	Full		0.011	0.008	13	0.09	0.002	0.00 2	0.002	0.000
3	Full		0.014	0.012	45	0.10	0.004	0.00 4	0.004	- 0.001
4	Full		0.014	0.012	70	0.32	0.012	0.01 2	0.009	- 0.008
5	Full		0.012	0.009	30	0.09	0.003	0.00 3	0.002	0.002
6	Full		0.010	0.007	23	0.17	0.004	0.00 4	0.004	- 0.001

7	Full		0.024	0.013	11	0.07	0.002	0.002 2	0.002	0.001
8	Full		0.025	0.014	13	0.05	0.001	0.001 1	0.001	- 0.000
9	Full		0.024	0.012	17	0.34	0.009	0.010 0	0.010	0.001

NB: Horizontal and vertical errors are given according to each control point respective spatial reference system

- Automatic tie points:

	Before aerotriangulation					After aerotriangulation				
Median number of key points per photo	Number of points	Median number of photos per point	Median number of points per photo	RMS of reprojection errors [px]	RMS of distances to rays [m]	Number of points	Median number of photos per point	Median number of points per photo	RMS of reprojection errors [px]	RMS of distances to rays [m]
38618	0		0			35027 6	4	2749	0.66	0.019

6.2 Rapport de qualité

Quality Report

Contents

- [Project Summary](#)
- [Camera Calibration](#)
- [Photo Positions](#)
- [Photo Matching](#)
- [Surveys](#)
 - [Control Points](#)

For more information, please see our online manual:

<https://www.acute3d.com/QualityReportManual/en/v1.0/index.html>

Project Summary

Project:	2018-Travignolo
Number of photos:	739
Ground coverage:	686875 square meters
Average ground resolution:	30.6394 mm/pixel
Scale:	1 : 92
Camera model(s):	DJI FC6310
Processing date:	13-08-18 10:28
Processing time:	32min 2s

Quality Overview

Dataset:	739 of 739 photos calibrated (100%)
Keypoints:	Median of 38618 keypoints per image
Tie points:	350276 points, with a median of 2749 points per photo.

Reprojection error (RMS): 0.66 pixels

Positioning / scaling: Georeferenced using control points

Camera Calibration

DJI FC6310 8.8mm 5472x3078

Name: DJI FC6310

Model type: Perspective

Image dimensions: 5472x3078 pixels

Sensor size: 13.2 mm

Number of photos: 739

Calibration Results

	Focal Length [mm]	Focal Length Equivalent 35 mm [mm]	Principal Point X [pixels]	Principal Point Y [pixels]	K1	K2	K3	P1	P2
Previous Values	8.80	24.00							
Optimized Values	8.83	24.08	2734.73	1540.46	0.0054	-0.0091	0.0092	0	0
Difference Previous / Optimized	0.03	0.08							

Distortion Grid

Camera Lens Distortion: *Gray lines represent the zero distortion grid, and blue lines represent the real camera values.*

Photo Positions

Photo Position Uncertainties

Position Uncertainties: *Top view (XY plane), side view (ZY plane) and front view (XZ plane) of computed photo positions (black dots). Blue ellipses indicate the position uncertainty, scaled for readability. The minimum and maximum values, as well as the average value, can be found in the table below.*

Position Uncertainties			
	X [meters]	Y [meters]	Z [meters]
Minimum	0.00035	0.00045	0.00026
Mean	0.00477	0.00449	0.00296
Maximum	0.1989	0.06828	0.02262

For more information on individual photos, please refer to the [Photos Report](#).

Distance to Input Positions

*The values are in meters, with a minimum distance of **2.94599 meters** and a maximum of **29.01818 meters**. The median position distance equals **10.91122 meters**.*

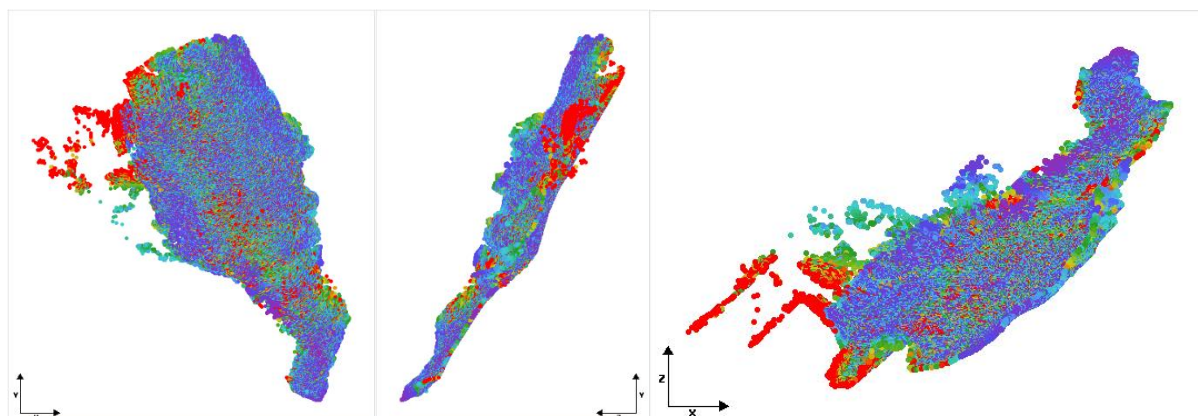
Photo Matching

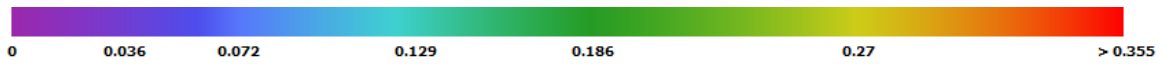
Quality Measures on Tie Points

Generated Tie Points					
Number of Points	Median Number of Photos per Point	Median Number of Points per Photo	Median Reprojection Error [pixels]	RMS of Reprojection Error [pixels]	RMS of Distances to Rays [meters]
350276	4	2749	0.5	0.66	0.0194

For more information on individual photos, please refer to the [Photos Report](#).

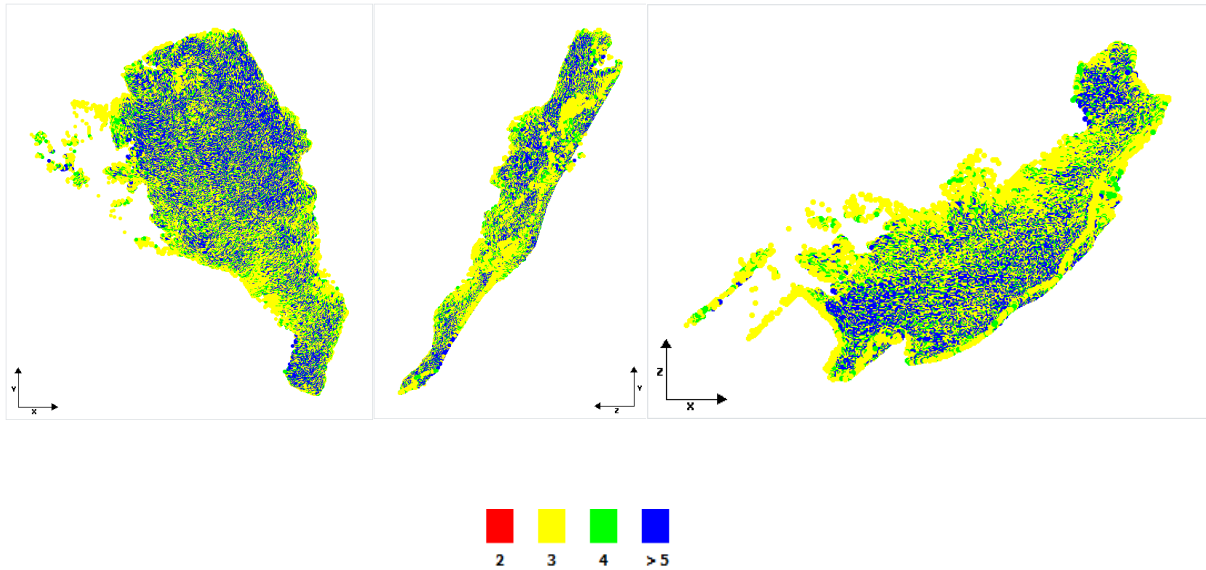
Tie Point Position Uncertainties





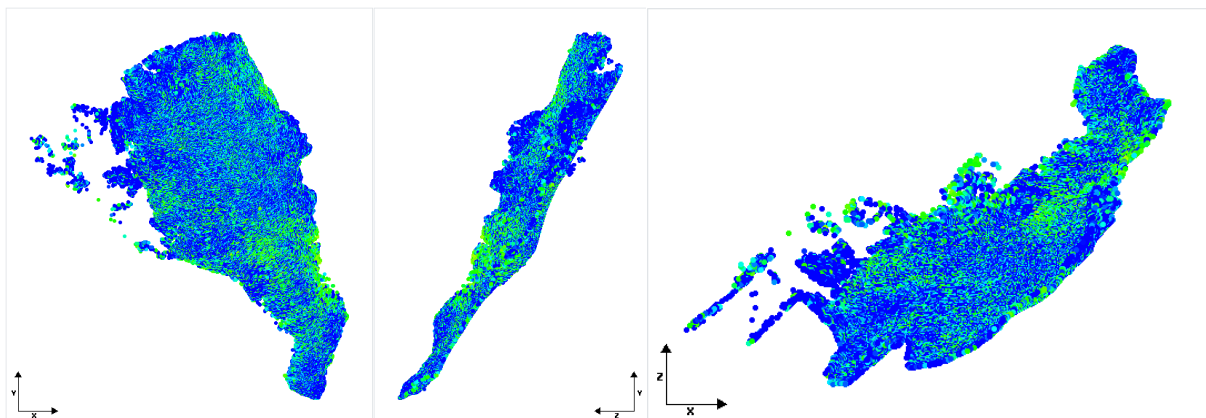
Position Uncertainties: *Top view (XY plane), side view (ZY plane) and front view (XZ plane) displays of all tie points, with colors representing uncertainty in the individual point position. The values are in meters, with a minimum uncertainty of 0.00222 meters and a maximum of 1.97059 meters. The median position uncertainty equals 0.0724 meters.*

Number of Photos Observing the Tie Points



Number of Observations per Tie Point: *Top view (XY plane), side view (ZY plane) and front view (XZ plane) displays of all tie points, with colors representing the number of photos that have been used to define each point. The minimum number of photos per tie point is 3 and the maximum is 70. The average number of photos observing a tie point is 5.*

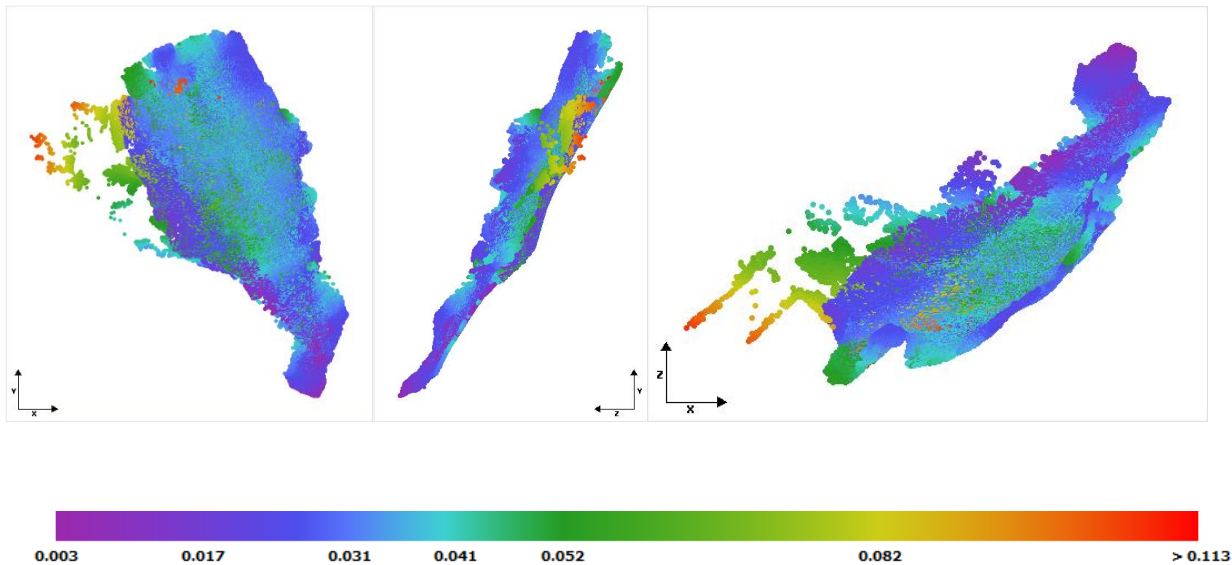
Reprojection Error





Reprojection Errors per Tie Point: *Top view (XY plane), side view (ZY plane) and front view (XZ plane) displays of all tie points, with colors representing the reprojection error in pixels. The minimum reprojection error is 0.01 pixels and the maximum is 1.88 pixels. The average reprojection error is 0.60 pixels.*

Tie Point Resolution



Resolution: *Top view (XY plane), side view (ZY plane) and front view (XZ plane) displays of all tie points, with colors representing resolution in the individual point position. The values are in meters/pixel, with a minimum resolution of 0.00263 meters/pixel and a maximum of 0.11323 meters/pixel. The median resolution equals 0.03103 meters/pixel.*

Surveys

Number of control points: 12. No control point is used as check point.

Number of user tie points: 0

Number of positioning constraints: 0

Control Points

Control Points Errors									
Name	Category	Accuracy [meters]	Number of Photos	RMS of Reprojection Error [pixels]	RMS of Distances to Rays [meters]	3D Error [meters]	Horizontal Error [meters]	Vertical Error [meters]	

REF_1	3D	Horizontal: 0.00793 Vertical: 0.0031	20	0.02	0.00061	0.00097	0.00085	0.00047	
REF_2	3D	Horizontal: 0 Vertical: 0	21	0.03	0.00064	0.0008	0.00076	0.00025	
REF_3	3D	Horizontal: 0.02387 Vertical: 0.01226	53	0.76	0.02333	0.02325	0.02095	0.01008	
1	3D	Horizontal: 0.00891 Vertical: 0.00496	33	0.02	0.00043	0.00066	0.00059	0.0003	
2	3D	Horizontal: 0.01074 Vertical: 0.00776	13	0.09	0.00162	0.00179	0.00174	0.00042	
3	3D	Horizontal: 0.01386 Vertical: 0.01167	45	0.1	0.00429	0.00419	0.00394	- 0.00143	
4	3D	Horizontal: 0.01407 Vertical: 0.01193	70	0.32	0.01214	0.01205	0.00872	- 0.00831	
5	3D	Horizontal: 0.01176 Vertical: 0.0091	30	0.09	0.00272	0.00299	0.00218	0.00205	

6	3D	Horizontal: 0.01015 Vertical: 0.00693	23	0.17	0.0038 2	0.0041 1	0.00397	- 0.0010 6	
7	3D	Horizontal: 0.02435 Vertical: 0.01312	11	0.07	0.0021 2	0.0024 7	0.00224	0.0010 5	
8	3D	Horizontal: 0.02507 Vertical: 0.0144	13	0.05	0.0011 6	0.0012 2	0.00121	- 0.0001 7	
9	3D	Horizontal: 0.02385 Vertical: 0.01233	17	0.34	0.0094 9	0.0103 9	0.01032	0.0011 5	
Global RMS				0.27	0.0083 2	0.0084 2	0.00747	0.0038 8	
Median				0.09	0.0027 2	0.0029 9	0.00224	0.0004 2	

Horizontal and vertical errors are given according to each control point respective spatial reference system