

**Projet Nr 32715
Saint Jean de Luz 2019**

Relevé LiDAR-Photogrammétrique : Rapport

10.10.2019

Remo Ackermann
Helimap System SA



Saint Jean de Luz – 30.08.2019

Table des matières

1. Données de base	3
1.1 Objectif du relevé	3
1.2 Points de Référence et système de coordonnées	3
2. Acquisition de données	3
2.1 Paramètres de l'acquisition	3
2.2 Géoréférencement des vols	3
3. Traitement des données	4
3.1 Calcul de trajectoire	4
Session 1 :	4
4. Précision des données	6
4.1 Précision LiDAR	6
4.2 Précision images	8
5. Données Livrées	9

1. Données de base

1.1 Objectif du relevé

Le projet a pour but d'établir un Modèle Numérique de Terrain (MNT) haute densité du site, un maillage 3D, ainsi que de fournir une orthophoto haute résolution (5 cm) de Saint Jean de Luz.

1.2 Points de Référence et système de coordonnées

Les données ont été requises et fournies dans le système de coordonnées suivant :

Projection: RGF 93 Lambert 93 (EPSG: 2154)

Altimétrie: NGF/IGN69

2. Acquisition de données

2.1 Paramètres de l'acquisition

Les caractéristiques du vol sont les suivantes :

- Vol Vertical à ~180 m sur sol avec Helimap System® IV
- Vol oblique à ~ 100 m de distance de la falaise
- Fréquence d'acquisition : PRR=400kHz, Mesure=200kHz
- Vitesse d'acquisition : ~12m/s
- Taille moyenne de pixel de ~2 cm
- Densité de points de ~70 pts/m² à 180 m altitude de vol
- La largeur couverte par passage (vol vertical) est de ~200 m
- Précision (1 sigma sur surface dure) : <5 cm en altimétrie, ~5 cm en planimétrie

Les vols ont été réalisés en hélicoptère Ecureuil AS350 B2 de la société JET SYSTEMS.

Système d'acquisition utilisé : HELIMAP SYSTEM® IV

- **Scanner Laser** : Riegl ☐ VQ480i, ☐ VQ580, ☒ VQ480U, ☐ VUX1-LR, ☐ PUCK
- **Centrale Inertielle** : ☒ IXSEA AirINS, ☐ iMAR FSAS, ☐ AP20, ☐ APX15
- **Camera** : ☐ H1D22-35mm, ☒ iXM100-35mm, ☐ iXUR1000-50mm, ☐ EOS5DSR-24mm
☐ H3D50-35mm, ☐ H4D50-35mm, ☐ Sony A6000-16mm

2.2 Géoréférencement des vols

Les vols ont été réalisés en 1 jour et une session de vol résumées dans le tableau 2 :

Session ID	Date	Heure locale	Stations RPG utilisées pour le vol	Nb Images
V01	30.08.2019	09 :57 – 11 :57	SCOA, BIAZ	532

Tableau 1 : Sessions de vol et stations RGP associées

3. Traitement des données

3.1 Calcul de trajectoire

Les trajectoires ont été calculées en mode couplage lâche : dans un premier temps, un calcul de trajectoire GNSS avec GrafNAV8.6, puis un couplage de la trajectoire GNSS avec les données Inertielles dans IXBLUE APPS.

Les résultats sont présentés ci-dessous.

Session 1 :

La localisation de la trajectoire est représentée sur le graphique 1.



Figure 1 : Trajectoire de la session. Les chiffres représentent les images.

Les résultats du calcul de trajectoire GNSS sont illustrés au travers des graphiques 2a – 2c.

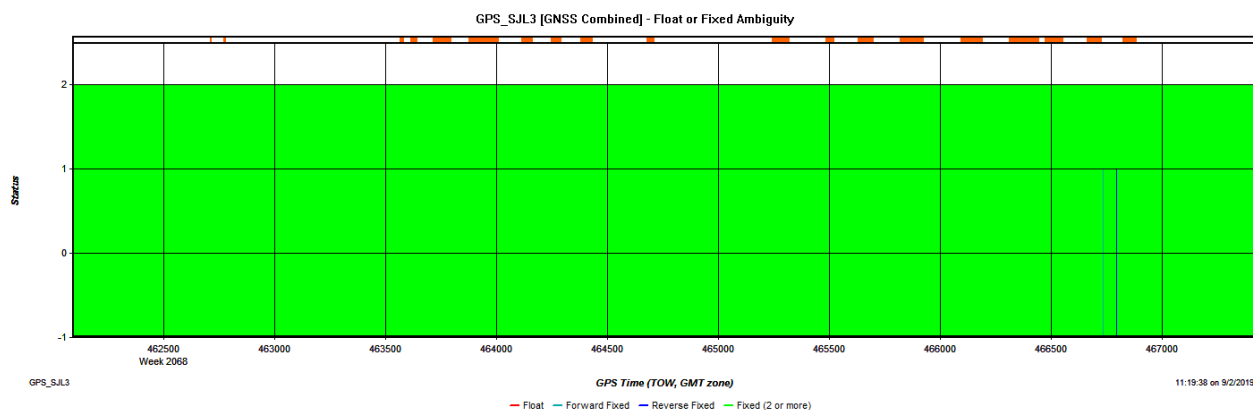


Figure 2a : Statut des ambiguïtés au cours du vol. La valeur 2 indique que les ambiguïtés sont fixées dans les 2 sens de calcul (chronologique et anti-chronologique). Les barres rouges en haut du graphique illustrent la position temporelle de chaque prise de vue (images) et donc caractérisent les lignes de vol.

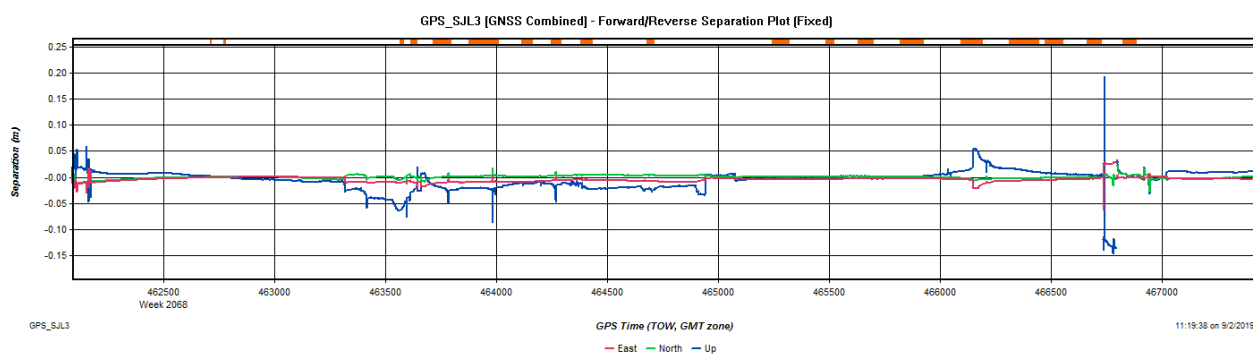


Figure 2b : Ce graphique illustre la différence entre la solution chronologique et la solution anti-chronologique. Une différence inférieure à 5-10cm est garante d'une bonne qualité de la trajectoire.

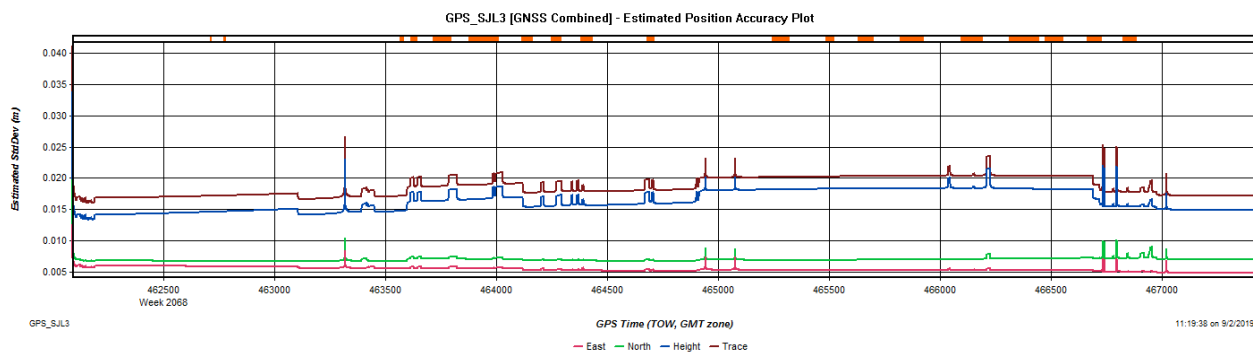


Figure 2c : Ce graphique illustre la précision estimée de la trajectoire en m. En vert et rouge sont représentées les composantes planimétriques, en bleu, la composante altimétrique.

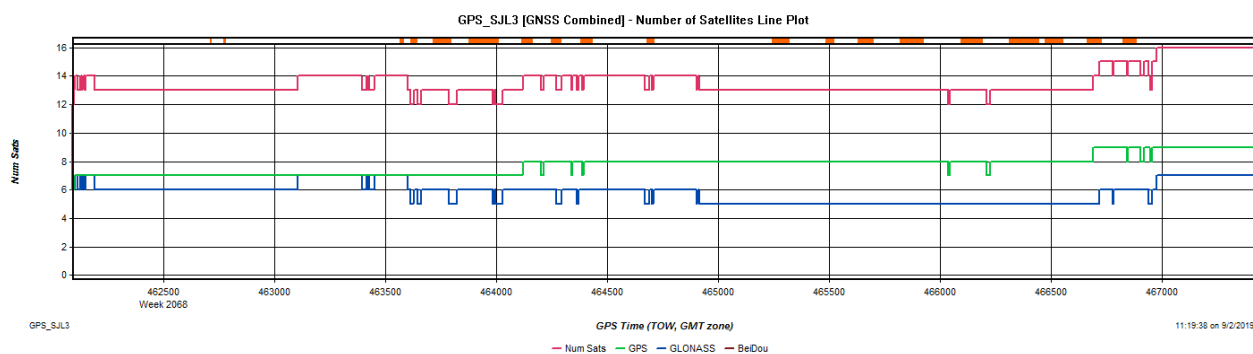


Figure 2d : Ce graphique illustre le nombre de satellites mesurés (GPS, GLONASS ou combiné) par le rover.

Les résultats de l'intégration GNSS-IMU sont illustrés dans le graphique 3. Ce graphique montre la précision angulaire de la trajectoire au cours du vol selon les 3 angles Roll, Pitch et Heading.

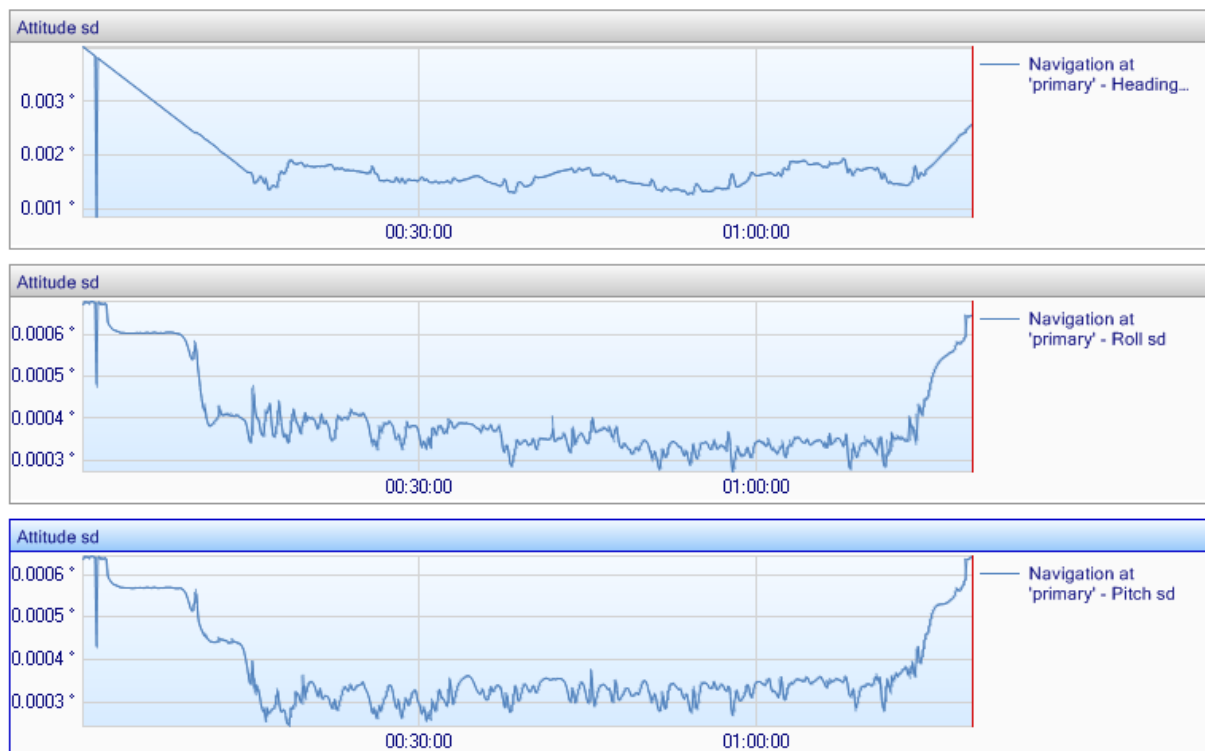


Figure 3 : Précision estimée des angles de la trajectoire : Heading, Roll, Pitch

4. Précision des données

4.1 Précision LiDAR

La précision absolue a été estimée sur les points de calage placés en 2017 et les sur les 70 points mesurés 2018 (où le terrain est resté a priori invariant).

Sur les 70 points mesurés (dont les 5 points de calage), la statistique de différence altimétrique est :

Average dz	+0.005
Minimum dz	-0.030
Maximum dz	+0.060
Average magnitude	0.015
Root mean square	0.020
Std deviation	0.020

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
TCP52	325152.750	6268517.760	1.390	removed	*
TCP55	325252.190	6268563.730	1.210	1.270	+0.060
TCP61	325570.360	6268849.960	0.970	1.030	+0.060
TCP58	325504.350	6268648.320	9.590	9.630	+0.040
TCP62	325581.920	6268877.500	0.780	0.820	+0.040
TCP27	323792.230	6267259.630	25.460	25.500	+0.040
TCP59	325551.160	6268684.170	20.870	20.910	+0.040
TCP48	325208.400	6268121.440	22.070	22.100	+0.030
TCP51	325212.800	6268391.410	11.790	11.820	+0.030
TCP13	322518.200	6267084.400	26.690	26.710	+0.020
TCP30	324038.990	6267418.460	6.220	6.240	+0.020
TCP63	325694.120	6268992.780	2.530	2.550	+0.020
TCP15	322497.620	6267160.670	3.770	3.790	+0.020
TCP44	324423.080	6267991.680	2.450	2.470	+0.020
TCP20	322818.150	6267266.380	-0.120	-0.100	+0.020
TCP47	325008.080	6267999.720	31.870	31.890	+0.020
TCP60	325550.710	6268684.800	20.870	20.890	+0.020
TCP28	323947.160	6267360.160	15.669	15.680	+0.011
TCP11	322467.490	6267087.440	26.330	26.340	+0.010
TCP31	324075.780	6267452.660	5.680	5.690	+0.010
TCP46	324859.070	6268042.530	2.210	2.220	+0.010
TCP54	325189.610	6268579.940	3.520	3.530	+0.010
TCP29	323938.980	6267431.160	1.670	1.680	+0.010
TCP43	324402.360	6267943.930	1.110	1.120	+0.010
TCP18	322698.730	6267208.930	-0.240	-0.230	+0.010
TCP38	324337.490	6267607.330	6.660	6.670	+0.010
TCP67	325854.620	6268951.070	6.910	6.920	+0.010
TCP21	322879.400	6267199.550	24.030	24.040	+0.010
GCP03	324113.532	6267485.802	6.463	6.470	+0.007
TCP05	322372.780	6266953.050	35.460	35.460	+0.000
TCP10	322479.590	6267022.510	32.620	32.620	+0.000
TCP12	322431.940	6267100.530	0.530	0.530	+0.000
TCP19	322704.210	6267215.700	-0.250	-0.250	+0.000
TCP34	324168.790	6267519.760	6.370	6.370	+0.000
TCP36	324270.780	6267574.820	7.370	7.370	+0.000
TCP45	324744.940	6268062.390	2.570	2.570	+0.000
TCP50	325199.460	6268317.750	1.480	1.480	+0.000
TCP66	325854.420	6268948.720	6.910	6.910	+0.000
GCP05	325502.129	6268651.915	9.096	9.090	-0.006
GCP04	325233.339	6268193.418	10.209	10.200	-0.009
TCP01	322219.800	6266781.930	21.340	21.330	-0.010
TCP04	322342.350	6266909.130	33.010	33.000	-0.010
TCP08	322292.440	6266842.040	28.880	28.870	-0.010
TCP37	324271.930	6267576.810	7.390	7.380	-0.010
TCP42	324400.420	6267815.340	1.400	1.390	-0.010
TCP64	325762.700	6268916.610	14.950	14.940	-0.010
TCP07	322287.480	6266900.250	-0.280	-0.290	-0.010
TCP02	322208.850	6266849.510	-0.150	-0.160	-0.010
TCP06	322337.050	6266964.180	0.280	0.270	-0.010
TCP32	324059.910	6267466.840	7.440	7.430	-0.010
TCP14	322565.330	6267089.340	28.300	28.290	-0.010
TCP03	322171.690	6266846.090	-0.590	-0.600	-0.010
GCP02	322702.210	6267161.919	10.122	10.110	-0.012
TCP40	324444.132	6267660.704	20.275	20.260	-0.015
GCP01	322200.471	6266811.333	18.736	18.720	-0.016
TCP16	322559.460	6267156.510	0.007	-0.010	-0.017
TCP41	324455.750	6267700.470	17.690	17.670	-0.020
TCP56	325473.030	6268591.810	19.650	19.630	-0.020
TCP22	322829.340	6267272.040	-0.460	-0.480	-0.020
TCP17	322645.780	6267143.260	0.050	0.030	-0.020
TCP09	322395.220	6267002.880	0.390	0.370	-0.020
TCP65	325769.210	6268924.600	14.480	14.450	-0.030
TCP26	323733.580	6267271.000	7.020	removed	*
TCP25	323718.850	6267226.030	22.540	removed	*
TCP23	323580.680	6267200.999	33.622	removed	*
TCP24	323580.447	6267200.723	33.622	slope	*
TCP35	324224.260	6267510.060	4.450	slope	*
TCP53	325157.330	6268541.060	2.550	slope	*

Figure 13 : Comparaison des hauteurs entre le sol triangulé et le points mesuré en 2017-2018.

4.2 Précision images

506 images ont été acquises pendant le vol. Les images RAW ont été converties au format JPG, y compris les corrections radiométriques et la correction de distorsion symétrique radiale.

La position GPS-IMU et l'orientation des images ont été calculées en Lambert93-CC43 avec le logiciel CAMEO. La aérotriangulation a été effectuée sur 524 images à l'aide d'Agisoft Metashape afin d'améliorer l'orientation externe de l'image. Pour l'aérotriangulation, 16 points ont été sélectionnés, qui sont mesurables sur les images. Les GCP sont inclus dans le réseau en bloc et le logiciel essaie d'adapter le réseau avec un minimum de résidus aux GCPs. Le tableau montre la différence entre l'aérotriangulation par rapport aux mesures des GCP.

#Label	X/Easting	Y/Northing	Z/Altitude	Error_(m)	X_error	Y_error	Z_error
TCP05	1322559.012	2255059.612	35.460	0.0541	-0.0248	-0.0481	-0.0016
TCP13	1322703.885	2255191.403	26.690	0.0658	-0.0647	0.0101	0.0070
TCP27	1323976.575	2255371.041	25.460	0.0171	-0.0016	0.0113	0.0127
TCP28	1324131.063	2255472.061	15.669	0.0170	-0.0069	0.0145	0.0055
TCP30	1324222.636	2255530.653	6.220	0.0158	-0.0123	0.0088	0.0047
TCP31	1324259.284	2255564.963	5.680	0.0326	-0.0021	0.0303	0.0118
GCP03	1324296.898	2255598.22	6.463	0.0131	-0.0120	-0.0018	0.0049
TCP34	1324352.005	2255632.354	6.370	0.0100	0.0064	-0.0012	-0.0076
TCP35	1324407.479	2255622.855	4.450	0.0081	0.0032	0.0066	0.0034
TCP39	1324568.471	2255747.265	10.350	0.0172	0.0050	-0.0164	0.0012
GCP04	1325413.588	2256309.387	10.209	0.0425	0.0238	0.0260	-0.0238
TCP56	1325651.745	2256708.403	19.650	0.0670	0.0236	0.0583	0.0231
GCP05	1325680.616	2256768.577	9.096	0.0545	-0.0201	0.0162	-0.0481
TCP64	1325940.114	2257034.043	14.950	0.0082	0.0026	-0.0063	0.0045

Figure 10 : Comparaison des hauteurs entre le sol triangulé et le points mesuré en 2017-2018

5. Données Livrées

Les données LiDAR ont été livrées selon les blocs de classification (19).

Les produits de MNT (mesh, grille) sont coupé en 6 zones correspondant au découpage initial.

Les orthophoto sont découpées en tuiles de 5000x5000 pixels.

Format	Contenu	Sous-répertoire	Nom
LAZ	LiDAR Brut Filtré 0=unclassified 2=sol	\01_LAZ	SJL3_L93_IGN69_2019_0000XX.laz
MESH3D OBJ	MNT Triangulation 3D avec Texture (.obj +.mtl + .jpg)	\02_MESH3D	SJL3_L93_Mesh3d_ZoneX.OBJ
GeoTIFF	MNT Grille régulière 10cm (.tiff)	\03_MNT_GRILLE_10cm	MNT_2019_Zx_GRILLE_10cm_L93_IGN69 .TIFF MNT_Zx_GRILLE_10cm_L93_IGN69_diff- 2019-2017.TIFF
MNT LAZ/XYZ	Modèle de terrain sur tout le périmètre, éclairci selon la méthode : - « Keypoints » avec une tolérance de 7 cm et les breaklines.	\04_MNT_LAZ	SJL3_2019_MNT_KPT_5cm.xyz SJL3_2019_MNT_KPT_5cm.laz
Shape	Empreinte des tuiles ortho, CAD	\05_VECTOR	SJL3_L93_2019_empreintes_ortho_5cm .shp SJL3_L93_IGN69_2019.dgn / .dwg
JPG/JGW	Orthophoto RGB Pixel 5cm	\06_ORTHO_RGB	Ortho_SJL3_2019_5cm_L93_X_Y

Méthode de filtrage des points	Les points ont été filtrés par des routines automatiques puis un contrôle manuel et des corrections ont été apportés selon l'ordre suivant : • Elimination des points aberrants (sous le sol, air) • Extraction automatique du sol • Contrôle manuel du sol par édition du model ombré • Dé-densification des points du sol avec une routine de type thinning (grille de 10cm)
Extraction des GRID	Les grilles à maille régulière (MNT/MNS de type RASTER) sont obtenues par projection du maillage régulier sur le MNT triangulé en 2.5D (sans surplomb).

Helimap system SA

Remo Ackermann, 11/10/2019

A handwritten signature in black ink, appearing to read "R. Ackermann", written in a cursive style.

Helimap System SA
Le Grand-Chemin 73
CH-1066 Epalinges
TVA 697819