

Projet 33281
Corniches de Saint-Jean-de-Luz 2021

Relevé LiDAR-Photogrammetrique : Rapport

23.09.2021

Helimap System SA
Martino Sala
15/12/2021

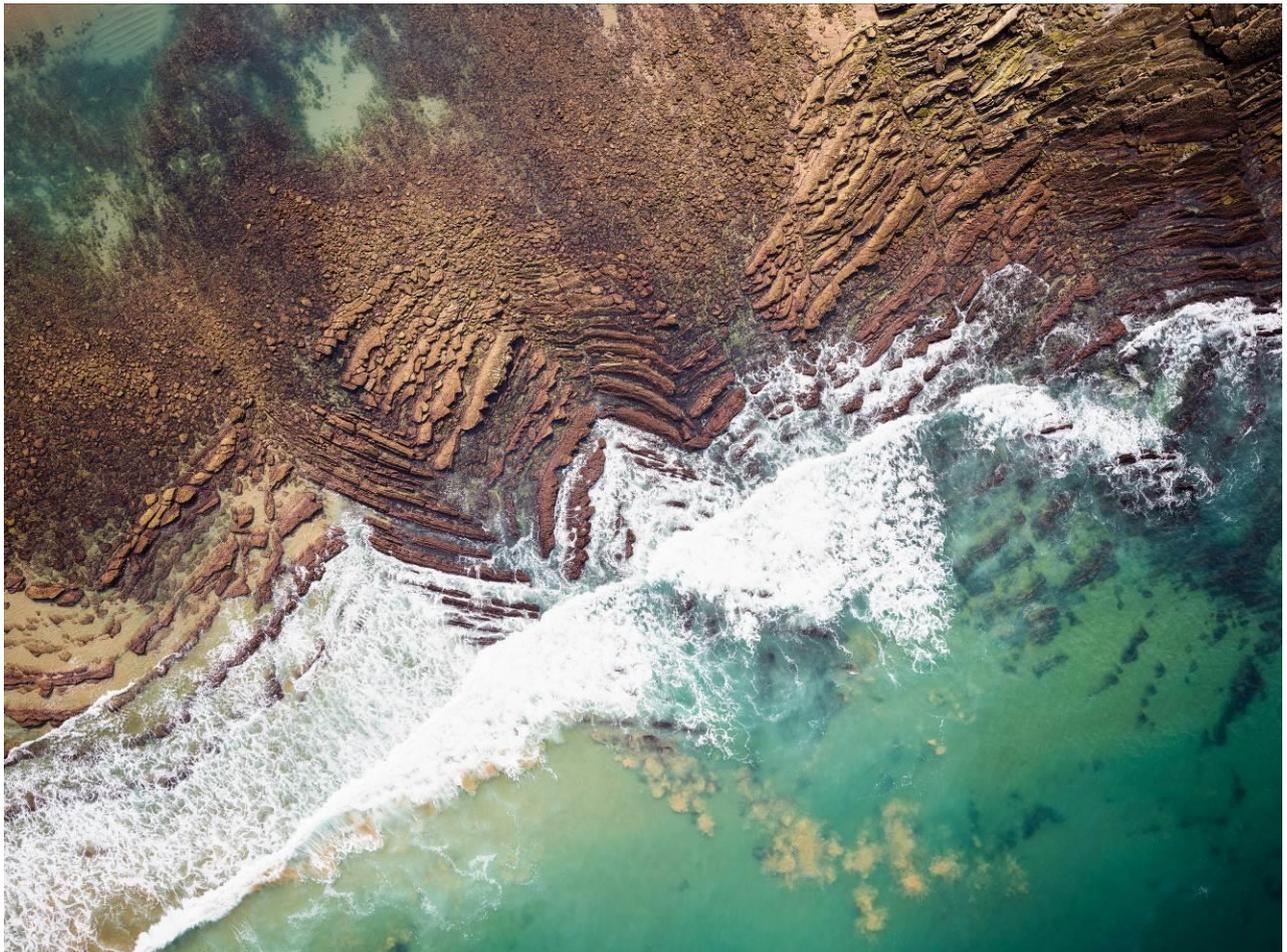


Table des matières

1. Données de base	3
1.1. Objectif du relevé	3
1.2. Points de référence et système de coordonnées.....	3
2.0 Acquisition de données aériennes	4
2.1 Paramètres d'acquisition.....	4
2.2 Géoréférencement des vols	4
2.2 Conditions météorologiques.....	4
3.0 Acquisition des données terrestres	5
3.1 Paramètres d'acquisition.....	5
3.2 Période de relevés.....	5
3.3 Emplacements des scanners	5
4.0 Traitement des données	7
4.1 Calcul de trajectoire	7
4.1.2 Session 1	7
4.1.2 Session 2.....	10
4.2 Géoréférencement et traitement préliminaire du nuage de points	13
4.3 Précision du nuage de points	14
4.3.1 Recalage du nuage de point aérien	14
4.3.2 Recalage du nuage de point terrestre	17
4.4 Précision de la photogrammétrie	24
4.5 Calcul du MNT.....	26
5.0 Livrables	27

1. Données de base

1.1. *Objectif du relevé*

Le projet a pour but d'établir un Modèle Numérique de Terrain (MNT) haute densité des corniches de Saint-Jean-de-Luz et de fournir une orthophoto haute résolution (5 cm) ainsi qu'une représentation 3D de ces dernières.

1.2. *Points de référence et système de coordonnées*

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

Projection: Lambert 93 (code EPSG 2154)

Altimétrie: IGN69-RAF09

2.0 Acquisition de données aériennes

2.1 Paramètres d'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 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 deux sessions de vol résumées dans le tableau 2 :

Session ID	Date	Heure locale	Stations RPG utilisées pour le vol	Nb Images
V01 OBLIQUE	23.09.2021	11:00 - 11:40	SCOA	365
V02 NADIR	23.09.2021	12:20 – 12:50	SCOA	418

Tableau 1 : Sessions de vol et stations RGP associées

2.2 Conditions météorologiques

Les conditions météo étaient favorables, avec une couverture nuageuse partielle et un vent absent à faible.

3.0 Acquisition des données terrestres



3.1 Paramètres d'acquisition

- Scanner Z+F 5016 + FAROS70
- Densité moyenne, qualité basse
- Durée de la mesure : 5 min

3.2 Période de relevés

Les relevés terrestres se sont effectués le 6-7 octobre 2021 durant la période de marée basse par le bureau Perazio.

3.3 Emplacements des scanners

Suite à la réalisation des relevés aériens, différents emplacements de scans terrestres ont été définis pour combler les trous dans le nuage aérien. De manière générale, ces emplacements correspondent à ceux utilisés en 2020. Ces emplacements sont représentés dans l'image ci-dessous.

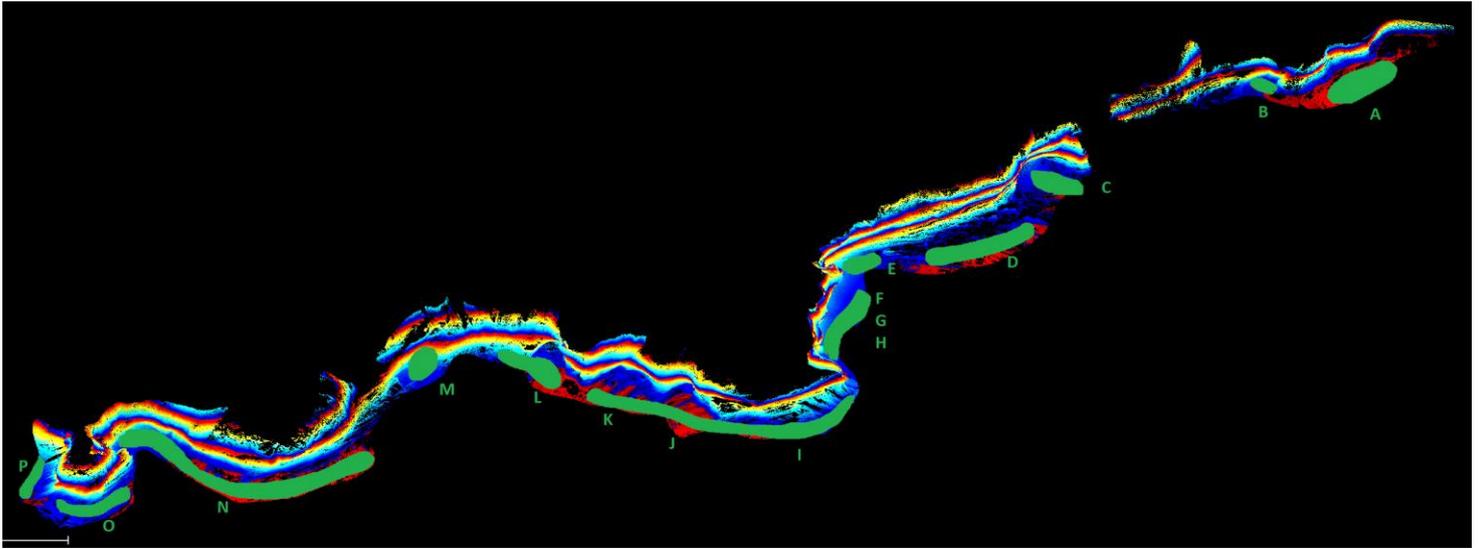


Figure 1 : Emplacements des scans terrestres 2021.

4.0 Traitement des données

4.1 Calcul de trajectoire

Les trajectoires ont été calculées avec InertialExplorer 8.9. Le calcul a été exécuté initialement en mode couplage lâche, i.e. d'abord un calcul de trajectoire GNSS seule, puis en mode couplage serré pour combiner la trajectoire GNSS avec les données inertielles.

Les résultats pour chaque session sont présentés ci-dessous.

4.1.2 Session 1 - Oblique

La localisation de la trajectoire du vol est représentée sur la figure 1.



Figure 1: Trajectoire de la session 1, Oblique. Les triangles représentent la position des stations de base.

Les résultats du calcul de trajectoire GNSS sont illustrés au travers des figures 2a à 2d.

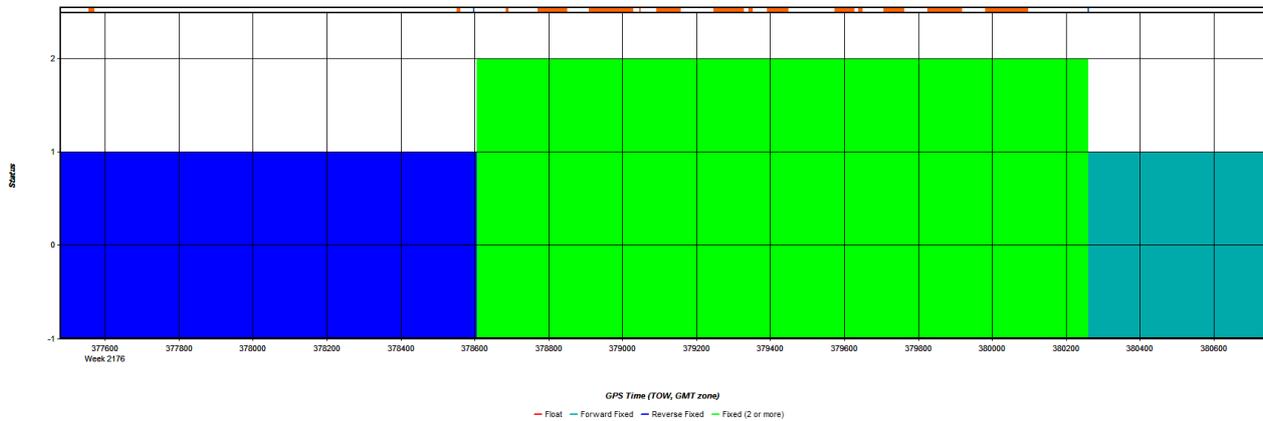


Figure 2a : Statut des ambiguïtés au cours du vol. La valeur 2 indique que les ambiguïtés sont fixées dans les 2 sens de calcul (chronologique et anti-chronologique). Les barres rouges en haut du graphique illustrent la position temporelle de chaque prise de vue (images) et donc caractérisent les lignes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

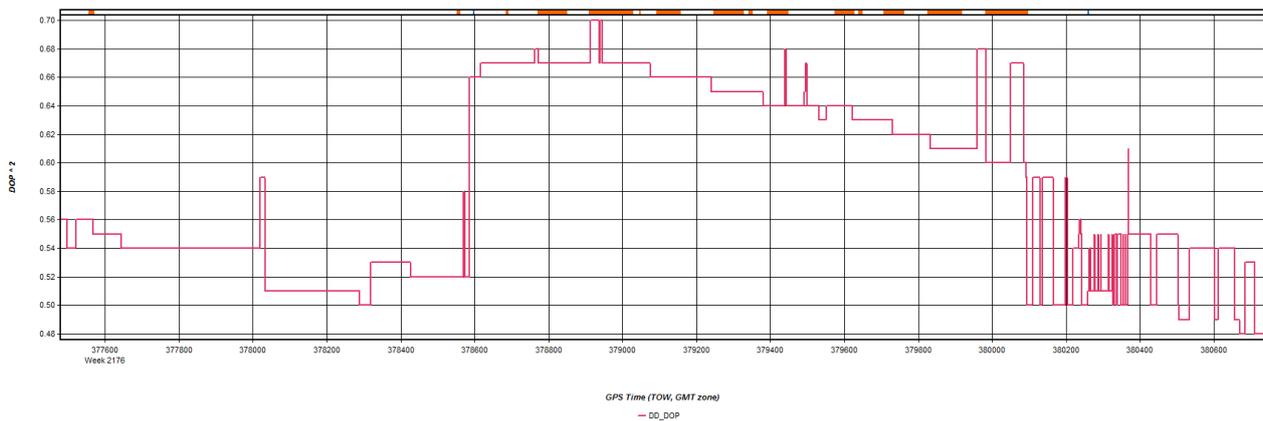


Figure 2b : Differential DOP durant le vol. Le DDOP caractérise la qualité du calcul différentiel (en prenant compte le nombre de satellites visibles et la géométrie de la constellation). Un DDOP illustrant une bonne qualité est inférieur à 3.

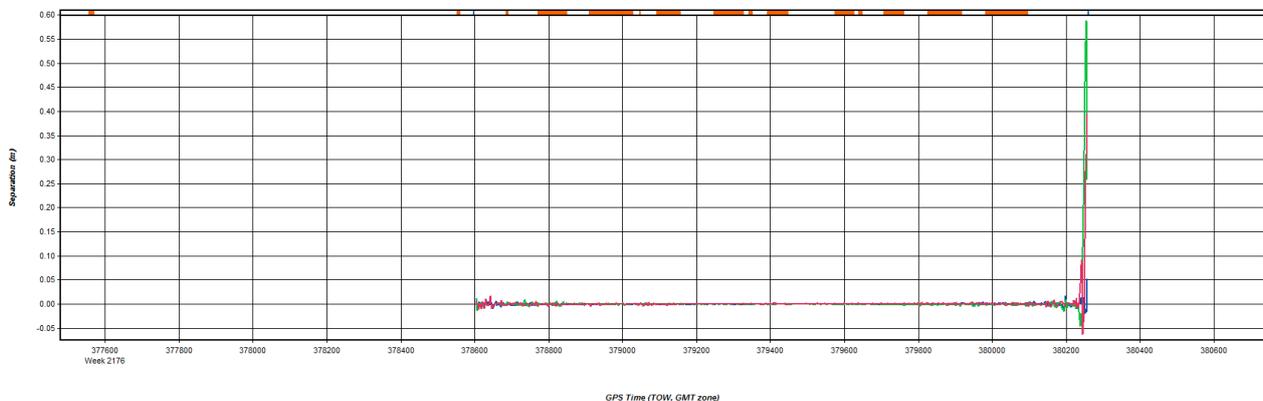


Figure 2c : Ce graphique illustre la différence entre la solution chronologique et la solution anti-chronologique. Une différence inférieure à 5-10cm est garante d'une bonne qualité de la trajectoire.

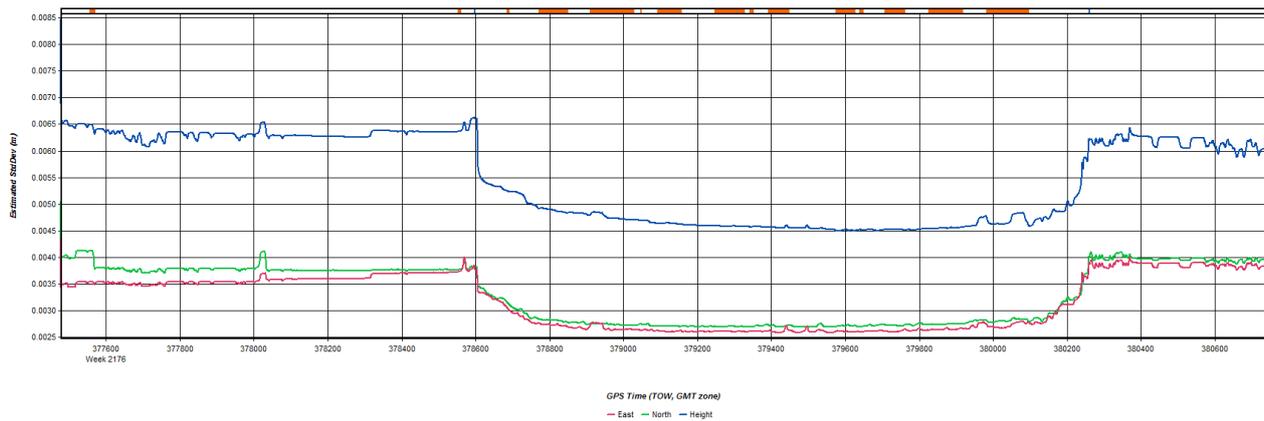


Figure 2d : Ce graphique illustre la précision estimée de la trajectoire en m. En vert et rouge sont représentées les composantes planimétriques, en bleu, la composante altimétrique.

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

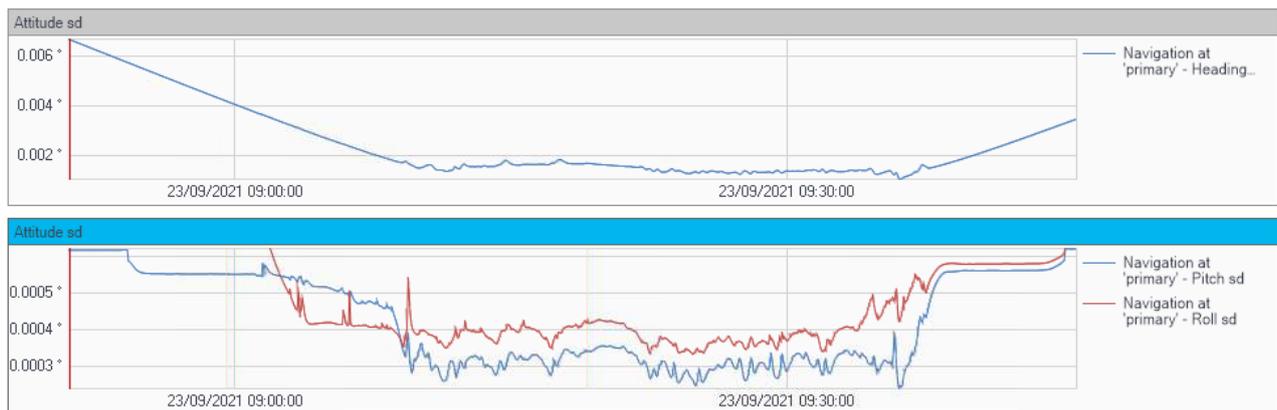


Figure 3: Précision estimée des angles de la trajectoire : heading (bleu, haut), roll (rouge), pitch (bleu, bas).

4.1.2 Session 2 - Nadir

La localisation de la trajectoire est représentée sur la figure 4.



Figure 4: Trajectoire de la session 2. Les triangles représentent la position des stations de base.

Les résultats du calcul de trajectoire GNSS sont illustrés au travers des figures 5a à 5d.

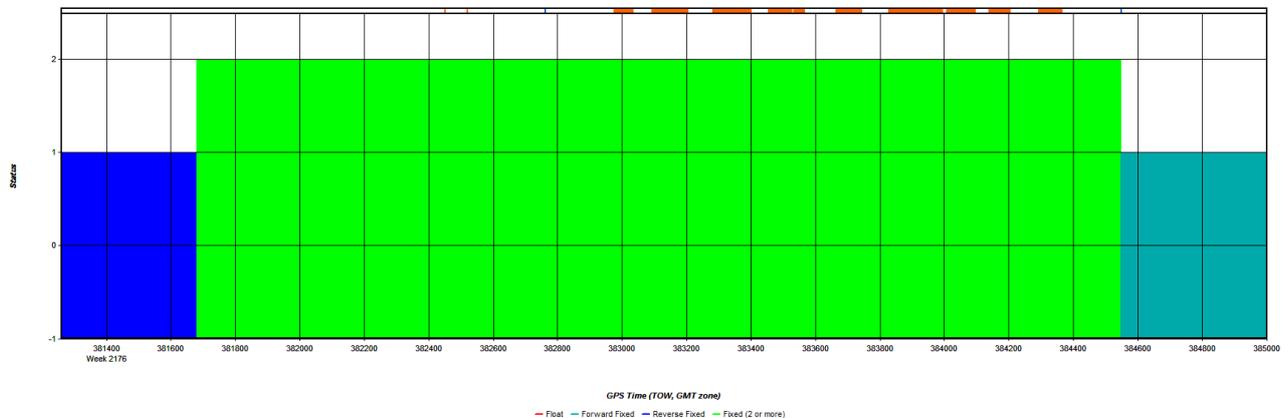


Figure 5a : Statut des ambiguïtés au cours du vol. La valeur 2 indique que les ambiguïtés sont fixées dans les 2 sens de calcul (chronologique et anti-chronologique). Les barres rouges en haut du graphique illustrent la position temporelle de chaque prise de vue (images) et donc caractérisent les lignes de vol.

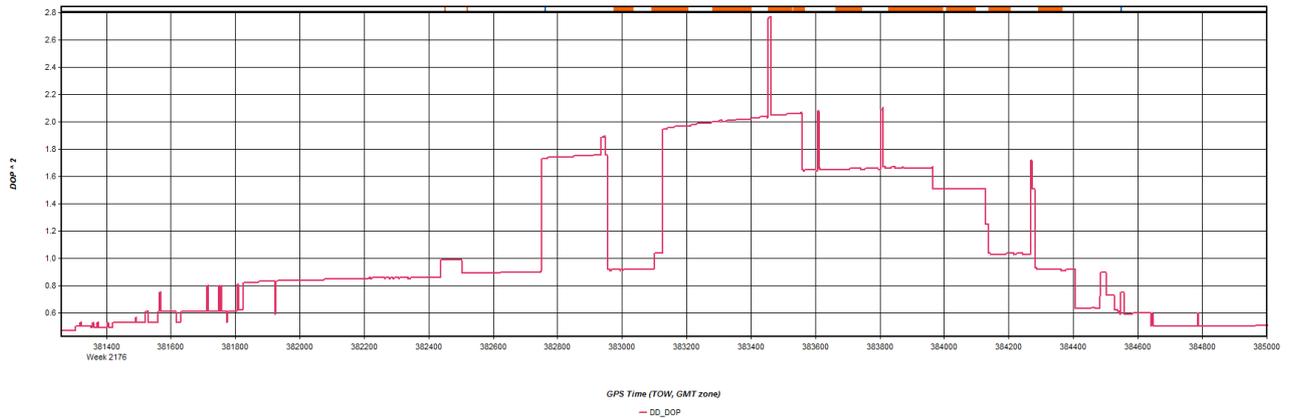


Figure 5b : Differential DOP durant le vol. Le DDOP caractérise la qualité du calcul différentiel (en prenant compte le nombre de satellites visibles et la géométrie de la constellation). Un DDOP illustrant une bonne qualité est inférieur à 3.

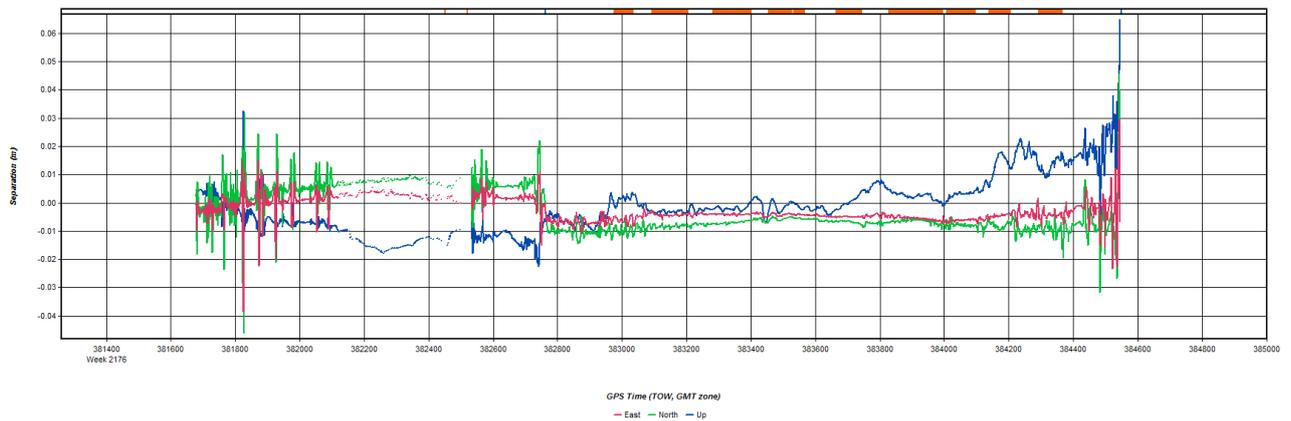


Figure 5c : Ce graphique illustre la différence entre la solution chronologique et la solution anti-chronologique. Une différence inférieure à 5-10cm est garante d'une bonne qualité de la trajectoire.

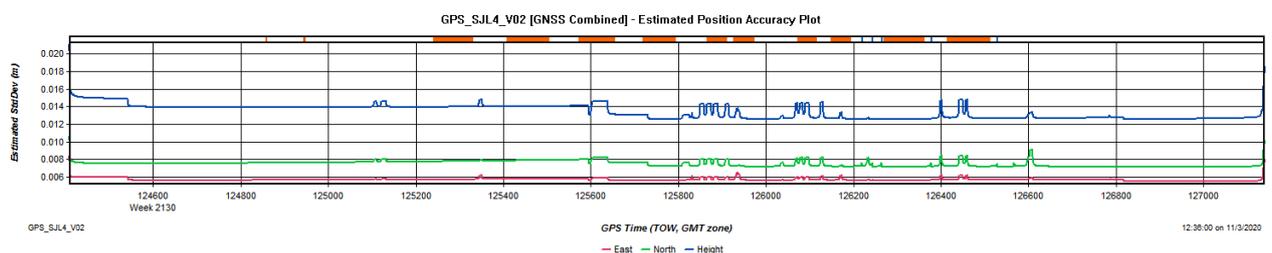


Figure 5d : Ce graphique illustre la précision estimée de la trajectoire en m. En vert et rouge sont représentées les composantes planimétriques, en bleu, la composante altimétrique.

Les résultats de l'intégration GNSS-IMU sont illustrés dans la figure 6. Ce graphique montre la précision angulaire de la trajectoire au cours du vol selon les 3 angles Roll, Pitch et Heading.



Figure 6: Précision estimée des angles de la trajectoire : heading (bleu, haut), roll (rouge), pitch (bleu, bas).

4.2 Géoréférencement et traitement préliminaire du nuage de points

Le nuage de point a été généré avec RiProcess dans le système Lambert93 – IGN69. Le nuage brut se compose de 381 millions de point répartis selon les lignes de vol de la figure 7.



Figure 7 : Distribution du nuage de point par bande de vol.

La superficie de traitement a été découpée en 19 blocs répartis selon la figure 8. Le nuage de point a ensuite été traité dans la suite Terrasolid pour la classification et la dédensification.

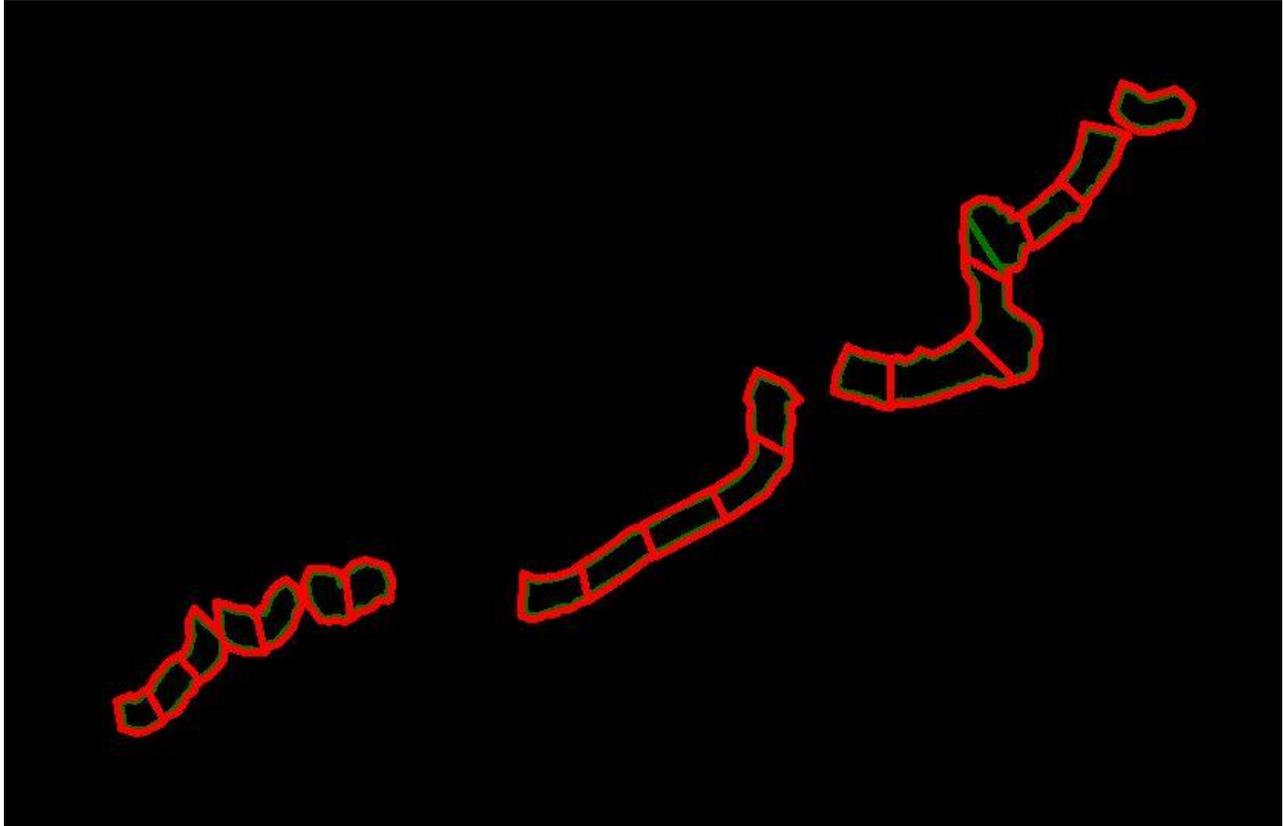


Figure 8 : Canevas de découpage des blocs

4.3 Précision du nuage de points

4.3.1 Recalage du nuage de point aérien

Le calage du nuage de points 2021 a été calés sur 5 GCP ainsi que sur 42 points mesurés dans des zones stables en 2020.

Avant calage, la statistique de différence altimétrique est :

Name	X	Y	Z	dZ
Point01	325760.3700	6268903.2280	15.7190	0.0390
Point02	325551.0370	6268685.4410	20.8900	0.0470
Point03	325584.8120	6268867.0520	1.5070	0.0190
Point04	325246.2500	6268463.2460	34.0280	0.0040
Point05	325197.2120	6268586.1750	3.1980	0.0580
Point06	325352.4720	6268186.9180	40.9940	0.0520
Point07	325314.2390	6268037.5590	47.7580	0.0570
Point08	324899.3990	6267944.8120	37.4410	0.0460
Point09	324741.5170	6268064.3460	3.2280	0.0250
Point10	324401.0050	6267943.8980	1.2360	0.0060
Point11	324478.8710	6267699.5010	22.0840	0.0580
Point12	324270.9400	6267576.6660	7.3890	0.0430

Point13	323724.9150	6267244.9890	15.2210	0.0490
Point14	323674.5930	6267257.7290	4.1760	0.0380
Point15	323064.3140	6267341.3390	3.1220	0.0270
Point16	322879.4150	6267248.7290	3.8670	0.0230
Point17	322502.4010	6267053.1280	29.8040	0.0430
Point18	322443.8840	6267142.3160	3.8310	0.0170
Point19	322372.8130	6266953.0440	35.4670	0.0330
Point21	322199.6900	6266787.2360	27.1470	0.0540
Point22	324030.1530	6267394.8720	6.6840	0.0330
Point23	325056.1620	6267977.9430	42.5970	0.0380
Point24	325508.1500	6268593.5930	18.1320	0.0180
Point26	325709.6560	6268998.3700	1.7780	0.0220
Point27	325854.7860	6268952.3380	6.8990	0.0350
Point28	325711.5390	6269041.4780	0.1950	0.0310
Point29	322693.7540	6267249.4400	0.0440	0.0210
Point30	322663.1660	6267179.3150	-0.3780	0.0460
Point31	322534.0940	6267170.3080	-0.2010	0.0040
Point32	322612.9780	6267148.1500	0.5610	0.0320
Point33	322552.6870	6267144.1170	0.1160	0.0250
Point34	322414.7930	6267061.2060	-0.0210	0.0130
Point35	322333.4770	6266987.7200	-0.3670	0.0310
Point36	322280.6200	6266921.9850	-0.2550	0.0350
Point37	322156.1500	6266862.3300	-0.5380	0.0450
Point38	322873.6160	6267321.7360	0.2170	0.0400
Point39	325180.1470	6268007.0330	47.9780	0.0400
Point40	325159.0810	6268527.6520	2.4700	0.0060
Point41	325247.8780	6268561.0990	3.1550	0.0120
Point42	325548.2830	6268813.4090	0.5720	0.0290
GCP01	322200.4590	6266811.3270	18.7360	0.0430
GCP02	322700.1580	6267159.5950	10.3480	0.0420
GCP03	324113.5324	6267485.8019	6.4629	0.0209
GCP04	325233.3391	6268193.4184	10.2085	0.0515
GCP05	325502.1295	6268651.9151	9.0964	0.0664

Av. Magnitude	0.0333
Mean	0.0326
StDev	0.0172

Le nuage est ensuite calé avec une grille de déformation basée sur les différences altimétriques observées sur les ponts de calages.

Après calage, la statistique de différence altimétrique est de :

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
Point01	325760.370	6268903.228	15.719	15.719	+0.000
Point02	325551.037	6268685.441	20.890	20.886	-0.004
Point03	325584.812	6268867.052	1.507	1.520	+0.013
Point04	325246.250	6268463.246	34.028	34.023	-0.005

Point05	325197.212	6268586.175	3.198	3.186	-0.012
Point06	325352.472	6268186.918	40.994	40.996	+0.002
Point07	325314.239	6268037.559	47.758	47.751	-0.007
Point08	324899.399	6267944.812	37.441	37.447	+0.006
Point09	324741.517	6268064.346	3.228	3.237	+0.009
Point10	324401.005	6267943.898	1.236	1.239	+0.003
Point11	324478.871	6267699.501	22.084	22.077	-0.007
Point12	324270.940	6267576.666	7.389	7.387	-0.002
Point13	323724.915	6267244.989	15.221	15.226	+0.005
Point14	323674.593	6267257.729	4.176	4.172	-0.004
Point15	323064.314	6267341.339	3.122	3.120	-0.002
Point16	322879.415	6267248.729	3.867	3.865	-0.002
Point17	322502.401	6267053.128	29.804	29.800	-0.004
Point18	322443.884	6267142.316	3.831	3.837	+0.006
Point19	322372.813	6266953.044	35.467	35.458	-0.009
Point20	322294.376	6266843.787	28.985	28.982	-0.003
Point21	322199.690	6266787.236	27.147	27.146	-0.001
Point22	324030.153	6267394.872	6.684	6.682	-0.002
Point23	325056.162	6267977.943	42.597	42.604	+0.007
Point24	325508.150	6268593.593	18.132	18.131	-0.001
Point25	323927.915	6267445.019	0.743	0.749	+0.006
Point26	325709.656	6268998.370	1.778	1.773	-0.005
Point27	325854.786	6268952.338	6.899	6.903	+0.004
Point28	325711.539	6269041.478	0.195	0.191	-0.004
Point29	322693.754	6267249.440	0.044	0.044	+0.000
Point30	322663.166	6267179.315	-0.378	-0.387	-0.009
Point31	322534.094	6267170.308	-0.201	-0.194	+0.007
Point32	322612.978	6267148.150	0.561	0.541	-0.020
Point33	322552.687	6267144.117	0.116	0.106	-0.010
Point34	322414.793	6267061.206	-0.021	-0.029	-0.008
Point35	322333.477	6266987.720	-0.367	-0.373	-0.006
Point36	322280.620	6266921.985	-0.255	-0.255	+0.000
Point37	322156.150	6266862.330	-0.538	-0.540	-0.002
Point38	322873.616	6267321.736	0.217	0.217	+0.000
Point39	325180.147	6268007.033	47.978	47.980	+0.002
Point40	325159.081	6268527.652	2.470	2.500	+0.030
Point41	325247.878	6268561.099	3.155	3.148	-0.007
Point42	325548.283	6268813.409	0.572	0.569	-0.003
GCP01	322200.459	6266811.327	18.736	18.736	+0.000
GCP02	322700.158	6267159.595	10.348	10.352	+0.004
GCP03	324113.532	6267485.802	6.463	6.464	+0.001
GCP04	325233.339	6268193.418	10.209	10.209	+0.000
GCP05	325502.129	6268651.915	9.096	9.096	-0.000
GCP06	324761.080	6267959.856	39.019	39.019	+0.000

Average dz -0.001
 Minimum dz -0.020
 Maximum dz +0.030
 Average magnitude 0.005
 Root mean square 0.007
 Std deviation 0.007

4.3.2 Recalage du nuage de point terrestre

Rapport de recalage (à partir des extractions de scans)

Nom de l'utilisateur : Scan-36

Date : Mon Dec 13 12:52:28 2021

Nom du projet :2021_falaises_biarritz_FINAL

Unités des mesures linéaires : Millimètre

Système de coordonnées : X, Y, Z

Erreur nuage à nuage totale: 5.32 mm

B-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
B-2	1.02 mm	86%	100%

N-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-4_2	4.24 mm	56%	100%

E-008 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
E-009	3.19 mm	57%	100%

N-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-2	3.31 mm	70%	100%

F-2 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
G-1	2.32 mm	68%	100%

I-013 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
I-014	2.59 mm	61%	50%

N-2 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-3	2.11 mm	71%	100%

H-010 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
H-011	4.36 mm	38%	61%

N-4_2 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-5	2.93 mm	43%	100%

C-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
C-2	4.21 mm	29%	100%

F-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
F-2	3.68 mm	24%	100%

N-030 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-031	5.27 mm	28%	86%

G-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
H-010	4.74 mm	23%	52%

L-019 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
L-020	3.14 mm	43%	100%

N-3 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
O-026	6.56 mm	34%	0%

M-2 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
M-3	3.26 mm	32%	100%

A-001 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
A-002	4.27 mm	29%	68%

H-011 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
I-013	3.98 mm	24%	33%

O-025 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
O-026	4.09 mm	33%	75%

N-3 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-027	5.20 mm	32%	0%

E-008 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
F-1	4.46 mm	16%	100%

D-007 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
E-009	6.36 mm	15%	100%

L-018 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
L-019	4.18 mm	32%	100%

N-027 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-028	4.50 mm	18%	59%

O-023 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
O-024	3.19 mm	39%	100%

K-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
K-2	3.74 mm	27%	100%

J-3 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
K-2	3.87 mm	24%	100%

J-017 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
K-2	5.64 mm	19%	0%

O-022 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
P-3	5.15 mm	23%	13%

N-031 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-032	5.28 mm	15%	100%

P-2 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
P-3	3.02 mm	23%	19%

L-020 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
M-021	2.98 mm	30%	100%

M-2 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
M-021	12.78 mm	9%	100%

P-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
P-2	2.79 mm	23%	18%

O-022 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
O-023	2.62 mm	31%	63%

J-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
J-2	14.30 mm	10%	54%

D-005 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
E-008	7.02 mm	8%	0%

A-002 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
A-003	5.79 mm	15%	100%

K-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
M-3	12.07 mm	3%	0%

J-3 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
J-016	7.76 mm	11%	0%

N-028 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-029	4.83 mm	13%	6%

D-004 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
D-007	8.77 mm	9%	0%

J-2 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
J-016	8.24 mm	7%	0%

O-024 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
O-025	5.70 mm	10%	100%

C-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
D-004	5.94 mm	11%	45%

J-2 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
J-015	6.72 mm	9%	100%

N-029 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-031	8.98 mm	4%	0%

I-014 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
J-1	4.09 mm	9%	100%

A-003 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
B-1	8.93 mm	5%	0%

M-2 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N-032	9.00 mm	1%	0%

B-1 - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
C-1	8.10 mm	0%	0%

4.4 Précision de la photogrammétrie

783 images ont été acquises (365 obliques, 418 Nadir). Les images RAW ont été converties en JPG lossless et ont fait l'objet de corrections radiométriques et géométriques (distorsion radiale, aberrations chromatiques).

Le géoréférencement des images a été calculé dans le système de coordonnées L93_iGN69 avec CAMEO. L'aérotriangulation a été calculée sur 783 images à l'aide d'Agisoft Metashape afin d'améliorer l'orientation externe des images.

Les résultats de la compensation (en utilisant la trajectoire GPS-IMU et les points de calage sont représentés ci-dessous (fig.7-8). Les valeurs statistiques à l'issue de la compensation sont présentées dans le tableau ci-dessous :

	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]
RMSE des résidus Position camera GPS-IMU	0.682392	0.623168	0.893789

	OMEGA [deg]	PHI [deg]	KAPPA [deg]
RMSE des résidus angulaire GPS-IMU	0.00238167	0.00221185	0.00237523

	X [cm]	Y [cm]	Z [cm]
RMSE des résidus sur les points de calage	1.75782	1.22801	3.84786

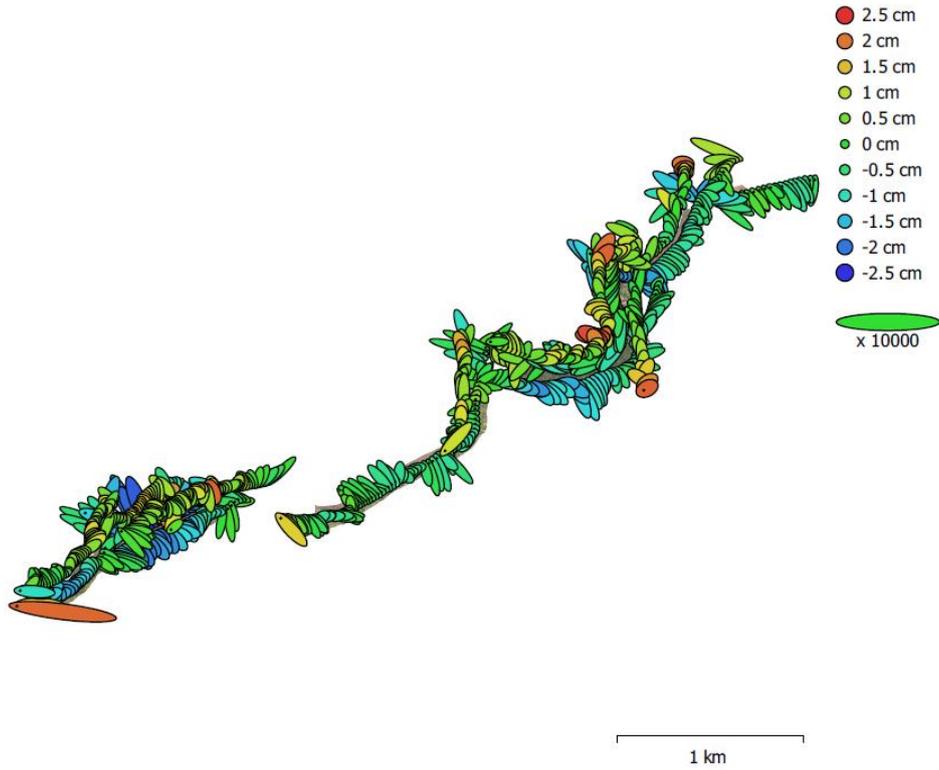


Figure 7 : Résidus sur le positionnement GPS-inertiel (trajectoire) de chaque image

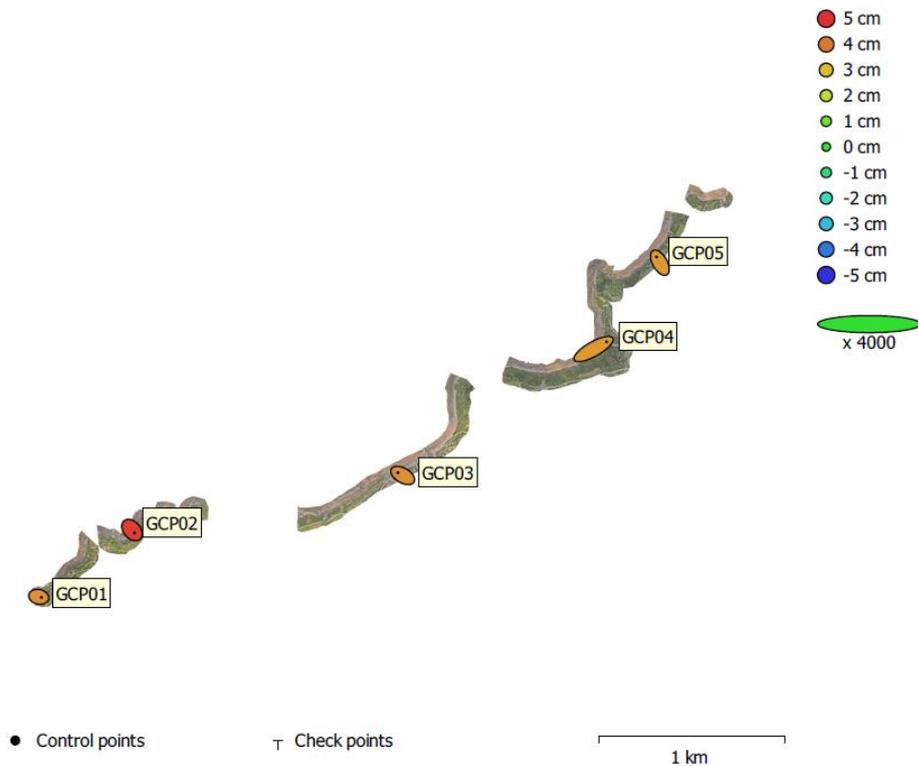


Figure 8 : Résidus sur les points de calage

4.5 Calcul du MNT

Modèle dédensifié numérique de terrain

Le MNT final est composé des points de sol LiDAR filtrés. Les points de sol du MNT final résultent d'une dédensification par algorithme de type Keypoint où la densité n'est gardée que dans les changements de terrain qui présentent une amplitude supérieure à la tolérance altimétrique fixée.

Le MNT résultant des points et lignes de rupture est triangulé (TIN) et utilisé pour le calcul des courbes de niveau et de l'orthophotographie.

Colorisation du nuage de points aérien

Le nuage de points aérien a été colorisé à l'aide d'Agisoft Metashape avec les images aériennes NADIR et OBLIQUES.

Intégration du nuage de points terrestre

Le nuage de points aérien sert de référence et les scans terrestres ont été calés sur le nuage aérien. Une fois le calage effectué, les scans terrestres ont été nettoyés afin d'isoler uniquement les zones de falaises et de surplombs. Uniquement la classe falaise a ensuite été intégrée au nuage de point aérien. Le nuage de points terrestre a été colorisé séparément du nuage de point aérien.

Mesh 3D

Le mesh 3D est constitué de l'ensemble des points de sol lidar ainsi que des points falaises issus des scans terrestres et aériens. Le mesh 3D a été calculé dans 3D-Reshaper puis colorisé à l'aide d'Agisoft Metashape avec les images aériennes NADIR et Obliques. La découpe des Mesh 3D a été effectuée par falaise non par bloc comme les autres livrables.

Comparaison des grilles

Le MNT 2021 a été calculé au format d'une grille régulière de 10cm. A l'aide du logiciel SAGA, une différence de grille a été calculée à partir du MNT 2021 et des 2 années précédentes. Les fichiers ont été exportés au format Geotiff. Les Grilles ont aussi été calculées.

5.0 Livrables

Format	Contenu	Sous-répertoire	Nom
PDF	Rapport	\01_DOC	Rapport_Mission_33281_SJL5
Shape/DGN	Empreinte des tuiles ortho, CAD	\02_CAD	als_SJL5_L93_IGN69_RAF09_delivery.dwg
LAZ	LiDAR Brut Filtré	\03_LIDAR	SJL5_2021_L93_IGN69_000001_delivery.laz
TXT TIFF	DTM Grilles DTM Comparaison DTM	\04_DELIVERED_PRODUCTS \01_DTM	DTM_2021_L93_RAF09.txt MNT_2021_FULL_GRILLE_10cm_L93_RAF09.tif MNT_diff2021- 2020_Z1_RAF09_GRILLE_10cm_L93_IGN69.tif
XYZ	MNS, subdivisé par bloc et par classe	\04_DELIVERED_PRODUCTS \02_DSM	SJL5_2021_L93_RAF09_001_RGB_ delivery_4_XXXXX.xyz
OBJ JPG	3D Mesh	\04_DELIVERED_PRODUCTS \03_3DMESH \04_DELIVERED_PRODUCTS \03_3DMESH_Texture	SJL5_L93_Mesh3d_Zone1.obj
TIF/TFW	Orthophoto RGB Pixel 5cm	\05_ORTHO	Ortho_2021_5cm_L93_322000_6267000.tif

Méthode de filtrage des points	<p>Les points ont été filtrés par des routines automatiques puis un contrôle manuel et des corrections ont été apportés selon l'ordre suivant :</p> <ul style="list-style-type: none"> • 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	<p>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).</p>

Helimap system SA

Martino Sala, 15/12/2021



Helimap System SA
Le grand chemin 73
CH-1066 Epalinges
T: +41 21 785 0202
F: +41 21 785 0209
<http://www.helimap.ch>