

**Projet 32996**  
**Corniches de Saint-Jean-de-Luz 2020**

**Relevé LiDAR-Photogrammetrique : Rapport**

**Novembre-Décembre 2020**

Helimap System SA  
Charlène Negrello, Régis Meyrat  
17/12/2020



## Table des matières

<b>1. Données de base .....</b>	<b>3</b>
1.1. Objectif du relevé .....	3
1.2. Points de référence et système de coordonnées.....	3
<b>2.0 Acquisition de données aériennes .....</b>	<b>4</b>
2.1 Paramètres d'acquisition.....	4
2.2 Géoréférencement des vols .....	4
2.2 Conditions météorologiques.....	4
<b>3.0 Acquisition des données terrestres .....</b>	<b>5</b>
3.1 Paramètres d'acquisition.....	5
3.2 Période de relevés.....	5
3.3 Emplacements des scanners .....	5
<b>4.0 Traitement des données .....</b>	<b>7</b>
4.1 Calcul de trajectoire .....	7
4.1.2 Session 1 .....	7
4.1.2 Session 2.....	9
4.2 Géoréférencement et traitement préliminaire du nuage de points .....	12
4.3 Précision du nuage de points .....	13
4.3.1 Recalage du nuage de point aérien .....	13
4.3.2 Recalage du nuage de point terrestre .....	16
4.4 Précision de la photogrammétrie .....	20
4.5 Calcul du MNT.....	22
<b>5.0 Livrables .....</b>	<b>23</b>

## 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 et de fournir une orthophoto haute résolution (5 cm) des falaises côtières 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 :

**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/m<sup>2</sup> 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 deux sessions de vol résumées dans le tableau 2 :

Session ID	Date	Heure locale	Stations RPG utilisées pour le vol	Nb Images
V01	02.11.2020	10h45-11h20	SCOA, BIAZ	406
V02	02.11.2020	11h50-12h20	SCOA, BIAZ	338

Tableau 1 : Sessions de vol et stations RGP associées

### 2.2 Conditions météorologiques

Les conditions météo étaient bonnes. Un léger voile nuageux d'altitude était présent mais aucun facteur météorologique perturbant n'est à signaler.

### **3.0 Acquisition des données terrestres**



#### **3.1 Paramètres d'acquisition**

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

#### **3.2 Période de relevés**

Les relevés terrestres se sont effectués le 16 et 17 novembre 2020 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. A cause des contraintes d'interventions, ces emplacements ont été priorisés (Figure 1) en fonction de leur accessibilité et de la qualité du nuage de points aérien.

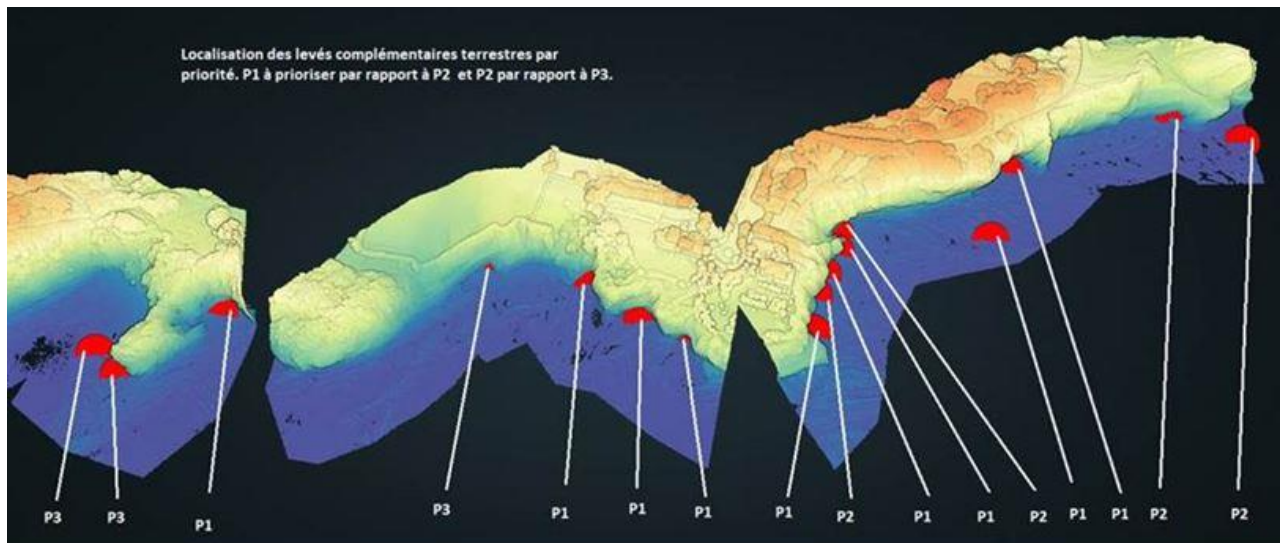


Figure 1 : Emplacements et priorisation des scans terrestres.

Mis à part l'emplacement le plus au Nord de la zone (de priorité 3), l'ensemble des scans a pu être effectué.



## 4.0 Traitement des données

### 4.1 Calcul de trajectoire

Les trajectoires ont été calculées en mode couplage lâche, i.e. d'abord un calcul de trajectoire GNSS avec GrafNAV8.9, puis un couplage de la trajectoire GNSS avec les données Inertielles dans APPS.

Les résultats pour chaque session sont présentés ci-dessous.

#### 4.1.2 Session 1

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

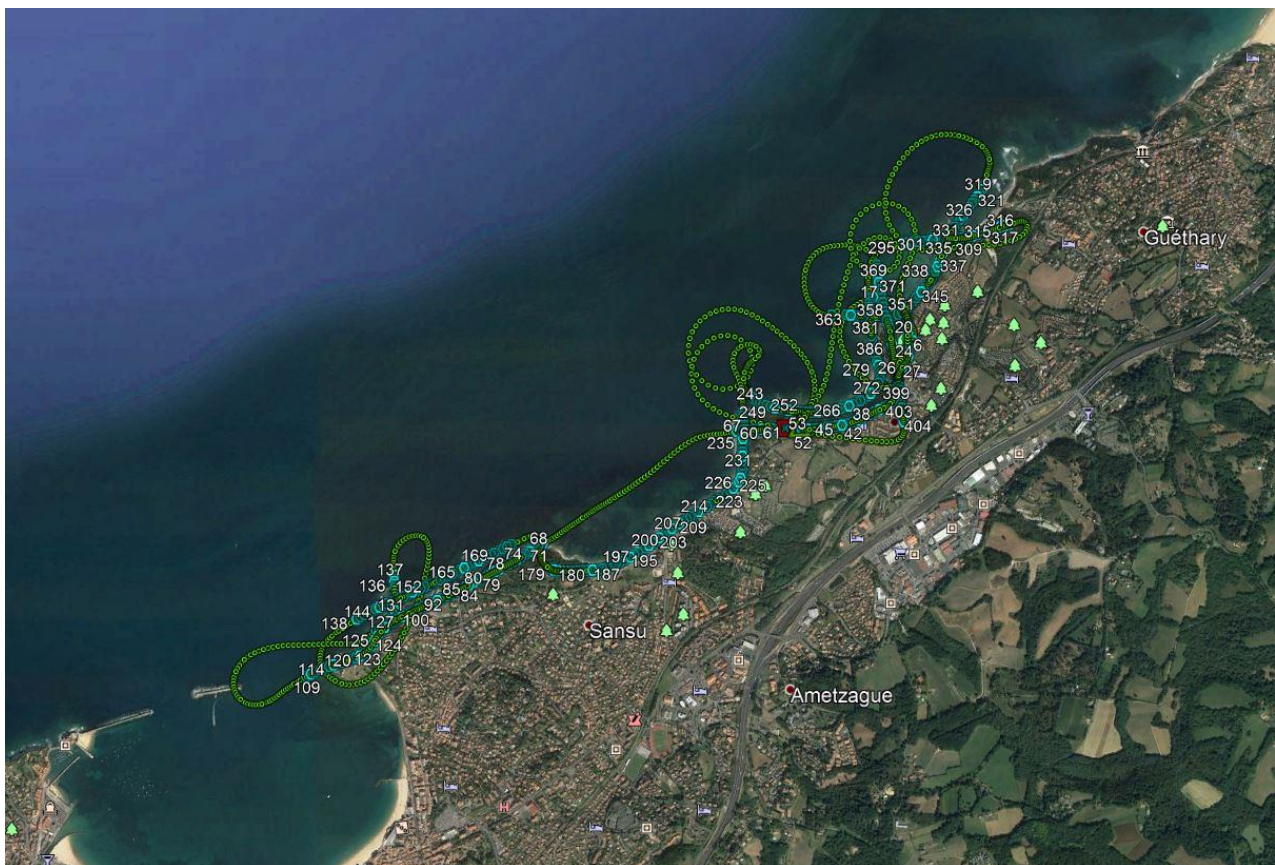


Figure 1: Trajectoire de la session XX. Les triangles représentent la position des stations de base.

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

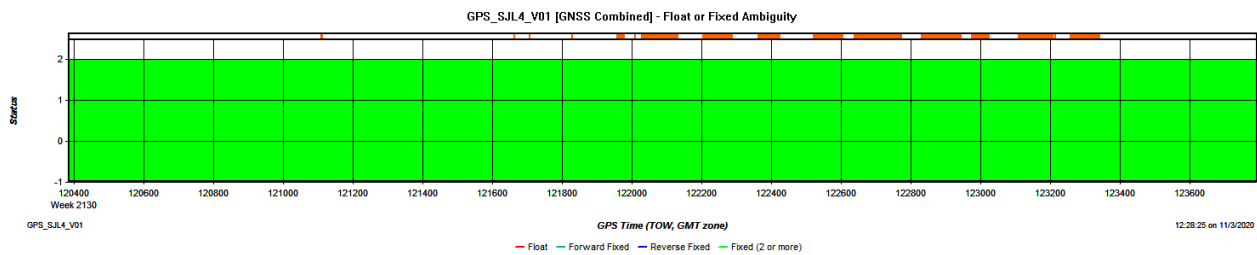


Figure 2a : Statut des ambiguïtés au cours du vol. La valeur 2 indique que les ambiguïtés sont fixées dans les 2 sens de calcul (chronologique et anti-chronologique). Les barres rouges en haut du graphique illustrent la position temporelle de chaque prise de vue (images) et donc caractérisent les lignes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

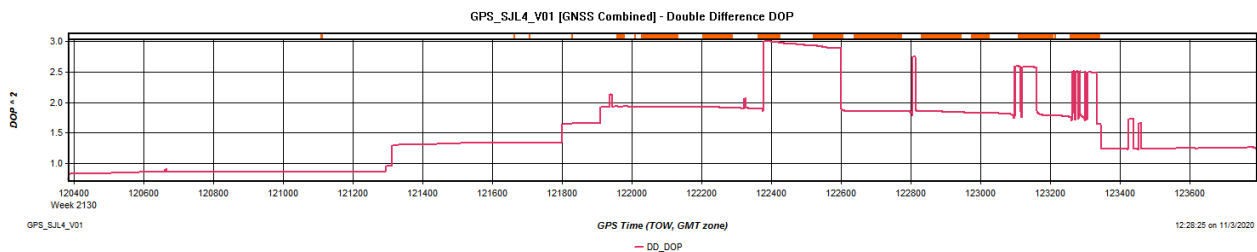


Figure 2b : Differential DOP durant le vol. Le DDOP caractérise la qualité du calcul différentiel (en prenant compte le nombre de satellites visibles et la géométrie de la constellation). Un DDOP illustrant une bonne qualité est inférieur à 3.

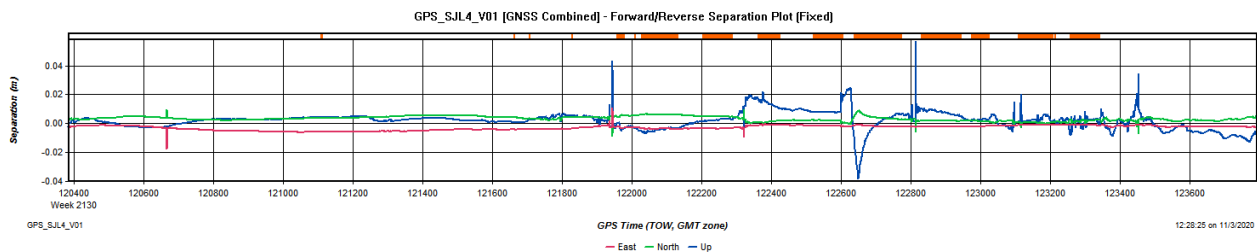


Figure 2c : Ce graphique illustre la différence entre la solution chronologique et la solution anti-chronologique. Une différence inférieure à 5-10cm est garante d'une bonne qualité de la trajectoire.

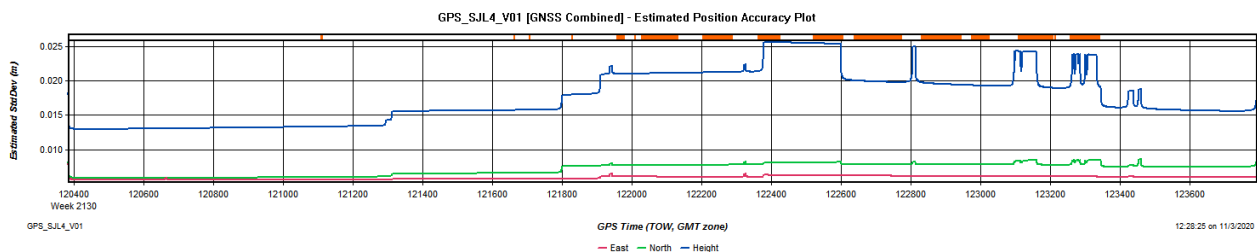


Figure 2d : Ce graphique illustre la précision estimée de la trajectoire en m. En vert et rouge sont représentées les composantes planimétriques, en bleu, la composante altimétrique.



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.

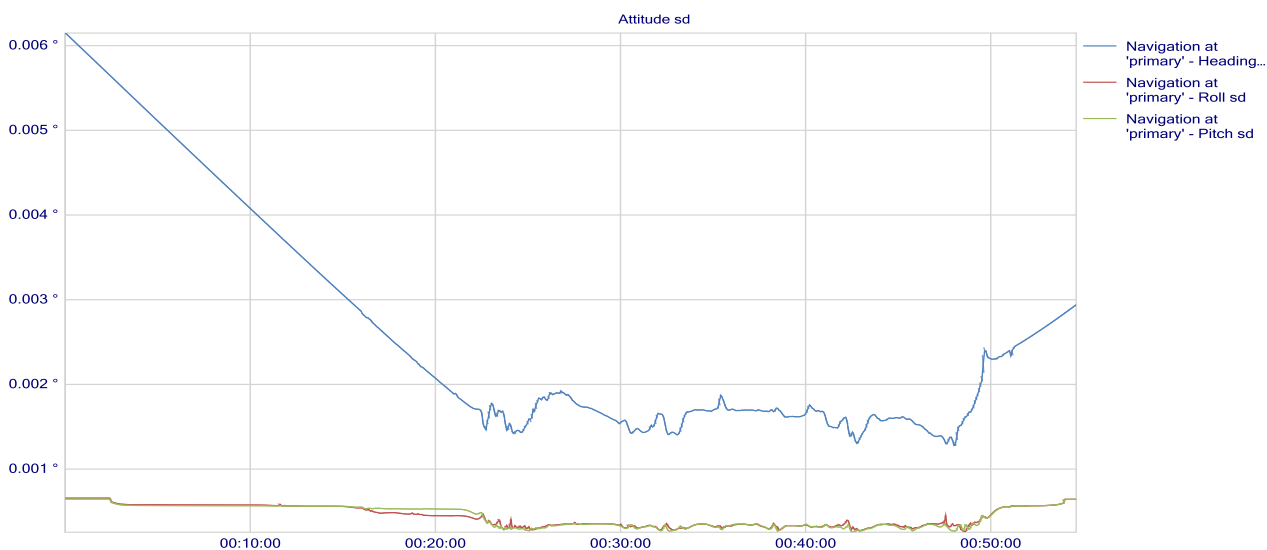


Figure 3: Précision estimée des angles de la trajectoire : heading (marron), roll (bleu), pitch (vert).

#### 4.1.2 Session 2

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



Figure 4: Trajectoire de la session XX. 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.

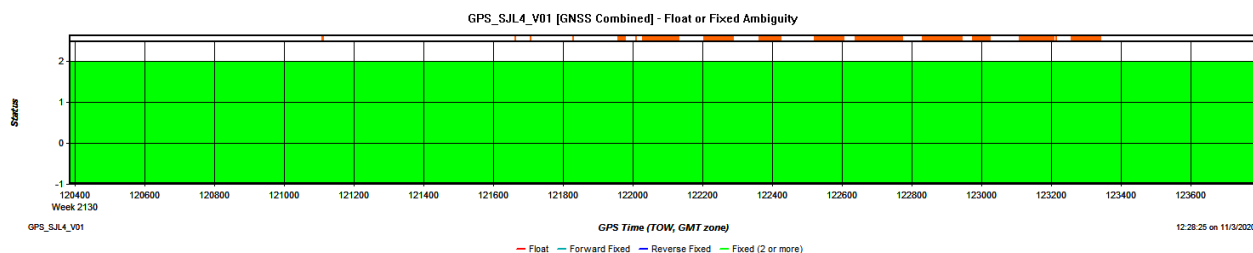


Figure 5a : Statut des ambiguïtés au cours du vol. La valeur 2 indique que les ambiguïtés sont fixées dans les 2 sens de calcul (chronologique et anti-chronologique). Les barres rouges en haut du graphique illustrent la position temporelle de chaque prise de vue (images) et donc caractérisent les lignes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

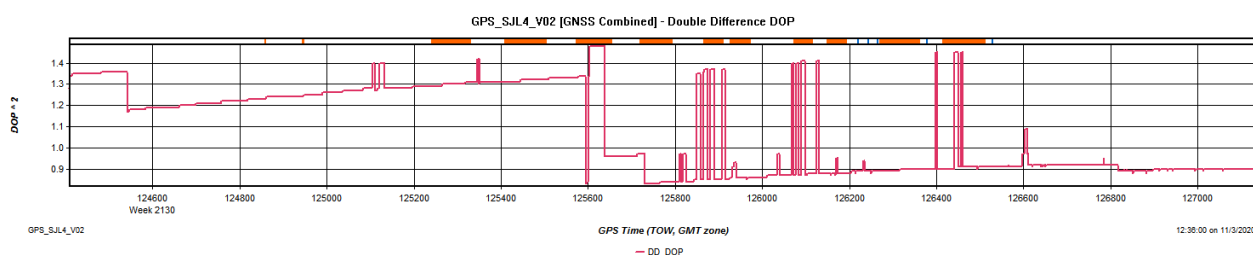


Figure 5b : Differential DOP durant le vol. Le DDOP caractérise la qualité du calcul différentiel (en prenant compte le nombre de satellites visibles et la géométrie de la constellation). Un DDOP illustrant une bonne qualité est inférieur à 3.

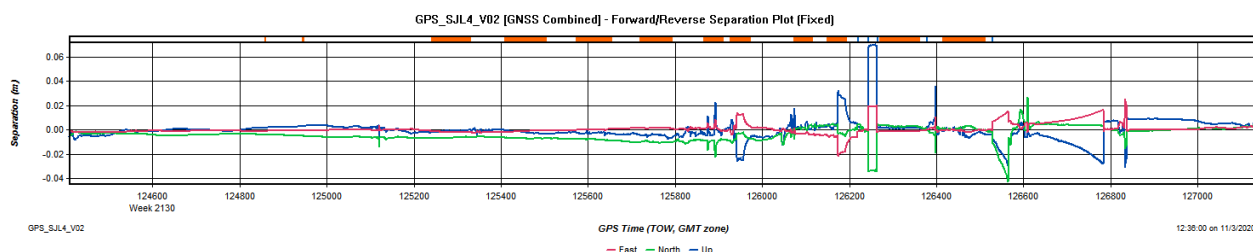


Figure 5c : Ce graphique illustre la différence entre la solution chronologique et la solution anti-chronologique. Une différence inférieure à 5-10cm est garante d'une bonne qualité de la trajectoire.

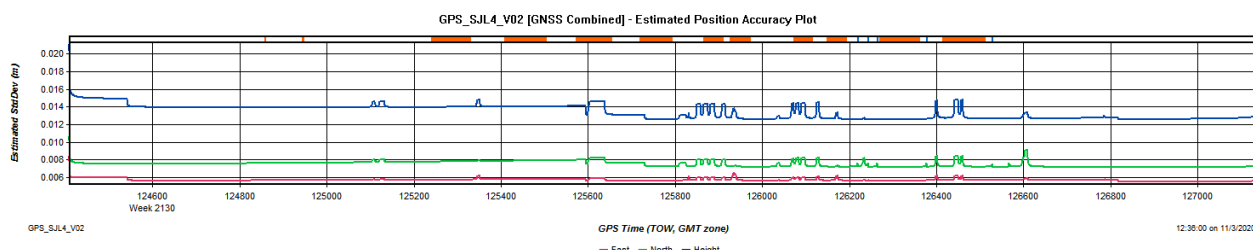


Figure 5d : Ce graphique illustre la précision estimée de la trajectoire en m. En vert et rouge sont représentées les composantes planimétriques, en bleu, la composante altimétrique.

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.

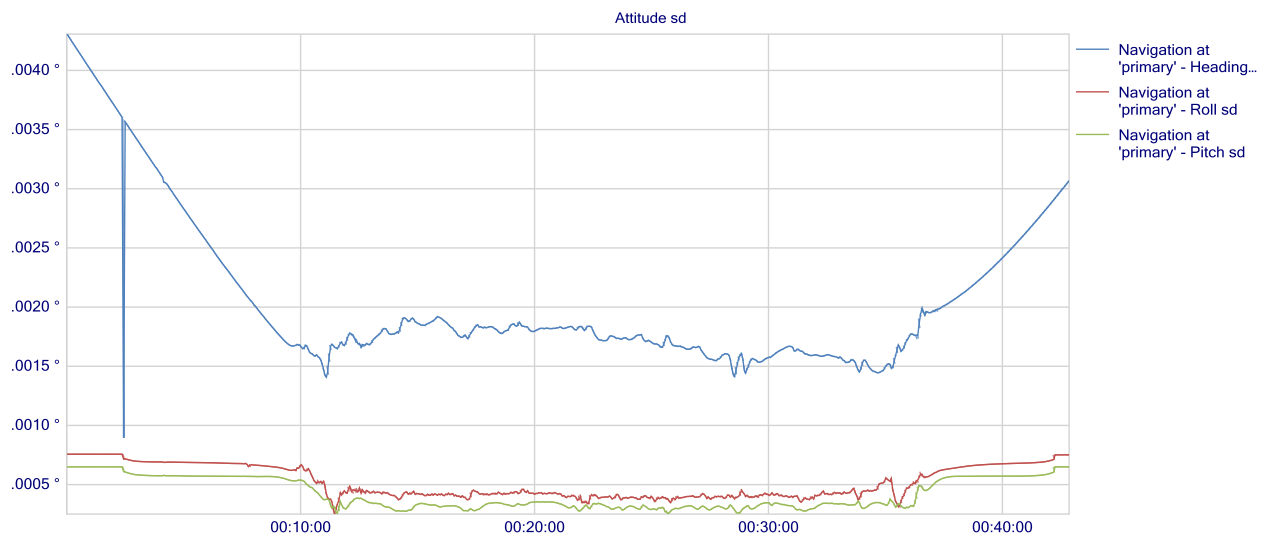


Figure 6: Précision estimée des angles de la trajectoire : heading (marron), roll (bleu), pitch (vert).

## 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 390 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.

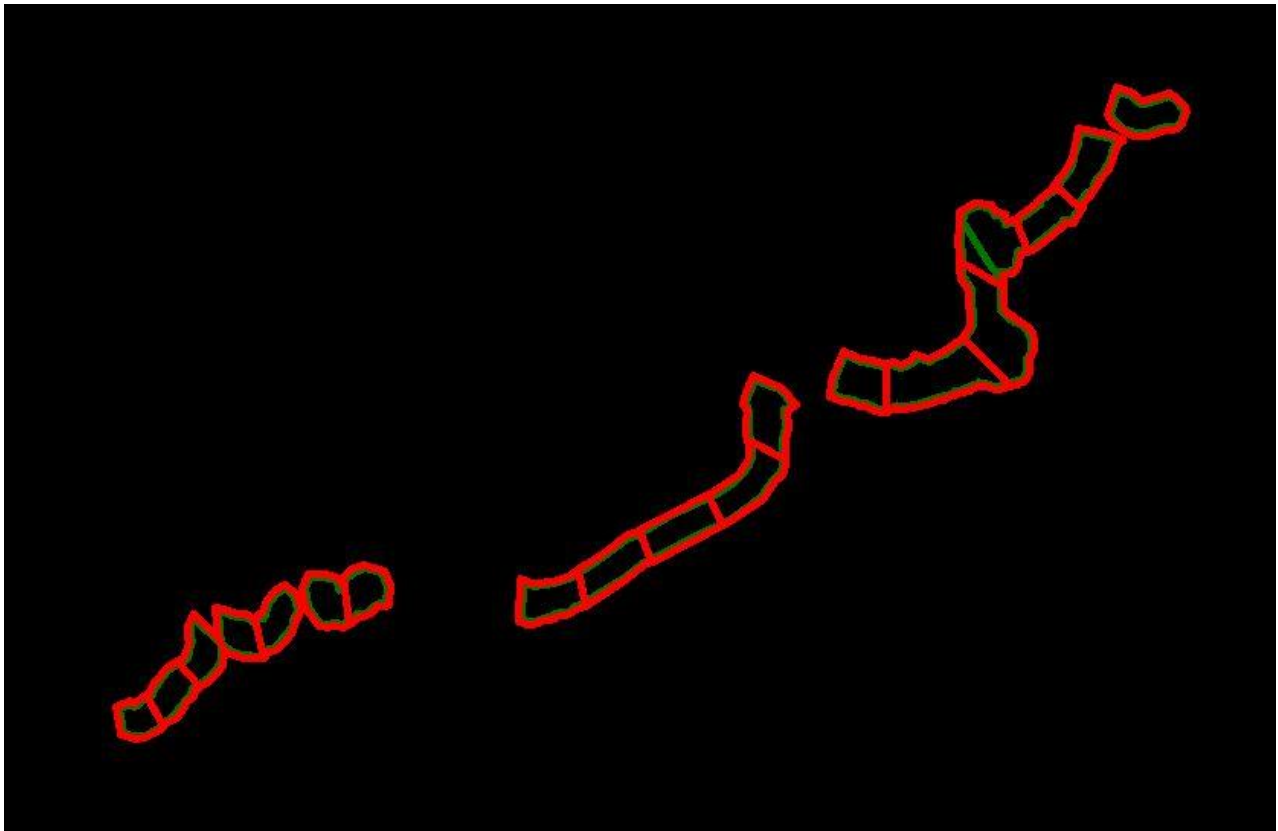


Figure 8 : Canevas de découpage des blocs

### 4.3 Précision du nuage de points

#### 4.3.1 Recalage du nuage de point aérien

Le calage du nuage de points 2020 a été calés sur les 70 points mesurés dans des zones stables en 2018 ainsi que les sur points de calage mesurés en 2017.

Avant calage, la statistique de différence altimétrique est :

Number	Easting	Northing	Known Z	Laser Z	Dz
-----					
TCP_25	323718.850	6267226.030	22.540	22.577	+0.037
TCP67	325854.620	6268951.070	6.910	6.938	+0.028
TCP55	325252.190	6268563.730	1.210	1.233	+0.023
TCP64	325762.700	6268916.610	14.950	14.970	+0.020
TCP66	325854.420	6268948.720	6.910	6.930	+0.020
TCP44	324423.080	6267991.680	2.450	2.469	+0.019
TCP15	322497.620	6267160.670	3.770	3.788	+0.018
TCP43	324402.360	6267943.930	1.110	1.128	+0.018
TCP51	325212.800	6268391.410	11.790	11.805	+0.015



TCP16	322559.460	6267156.510	0.007	0.022	+0.015
TCP19	322704.210	6267215.700	-0.250	-0.235	+0.015
TCP63	325694.120	6268992.780	2.530	2.543	+0.013
TCP34	324168.790	6267519.760	6.370	6.383	+0.013
TCP59	325551.160	6268684.170	20.870	20.882	+0.012
TCP03	322171.690	6266846.090	-0.590	-0.581	+0.009
TCP18	322698.730	6267208.930	-0.240	-0.232	+0.008
TCP13	322518.200	6267084.400	26.690	26.696	+0.006
TCP30	324038.990	6267418.460	6.220	6.226	+0.006
TCP06	322337.050	6266964.180	0.280	0.286	+0.006
TCP08	322292.440	6266842.040	28.880	28.885	+0.005
TCP27	323792.230	6267259.630	25.460	25.464	+0.004
GCP03	324113.532	6267485.802	6.463	6.467	+0.004
TCP28	323947.160	6267360.160	15.669	15.672	+0.003
TCP31	324075.780	6267452.660	5.680	5.683	+0.003
TCP04	322342.350	6266909.130	33.010	33.010	+0.000
TCP32	324059.910	6267466.840	7.440	7.440	+0.000
TCP05	322372.780	6266953.050	35.460	35.458	-0.002
TCP20	322818.150	6267266.380	-0.120	-0.123	-0.003
TCP10	322479.590	6267022.510	32.620	32.616	-0.004
TCP56	325473.030	6268591.810	19.650	19.646	-0.004
TCP07	322287.480	6266900.250	-0.280	-0.284	-0.004
TCP46	324859.070	6268042.530	2.210	2.206	-0.004
TCP54	325189.610	6268579.940	3.520	3.515	-0.005
TCP02	322208.850	6266849.510	-0.150	-0.155	-0.005
TCP60	325550.710	6268684.800	20.890	20.881	-0.009
TCP14	322565.330	6267089.340	28.300	28.289	-0.011
TCP47	325008.080	6267999.720	31.870	31.859	-0.011
TCP11	322467.490	6267087.440	26.330	26.317	-0.013
TCP21	322879.400	6267199.550	24.030	24.017	-0.013
TCP36	324270.780	6267574.820	7.370	7.355	-0.015
TCP38	324337.490	6267607.330	6.660	6.645	-0.015
TCP17	322645.780	6267143.260	0.050	0.035	-0.015
TCP45	324744.940	6268062.390	2.570	2.552	-0.018
GCP06_2020	324761.080	6267959.856	39.019	39.001	-0.018
TCP48	325208.400	6268121.440	22.070	22.050	-0.020
TCP42	324400.420	6267815.340	1.400	1.380	-0.020
TCP37	324271.930	6267576.810	7.390	7.369	-0.021
TCP22	322829.340	6267272.040	-0.460	-0.481	-0.021
GCP01	322200.471	6266811.333	18.736	18.712	-0.024
TCP41	324455.750	6267700.470	17.690	17.663	-0.027
GCP04	325233.339	6268193.418	10.209	10.178	-0.031
TCP01	322219.800	6266781.930	21.340	21.306	-0.034
TCP39	324385.780	6267633.970	10.350	10.315	-0.035
GCP05	325502.129	6268651.915	9.096	9.057	-0.039
TCP50	325199.460	6268317.750	1.480	1.440	-0.040
TCP23	323580.680	6267200.999	33.622	slope	*

Average dz        -0.003  
Minimum dz       -0.040  
Maximum dz       +0.037  
Average magnitude   0.015  
Root mean square   0.018  
Std deviation       0.018

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
TCP01	322219.800	6266781.930	21.340	21.340	+0.000
GCP01	322200.471	6266811.333	18.736	18.735	-0.001
TCP02	322208.850	6266849.510	-0.150	-0.150	+0.000
TCP03	322171.690	6266846.090	-0.590	-0.590	-0.000
TCP04	322342.350	6266909.130	33.010	33.008	-0.002
TCP05	322372.780	6266953.050	35.460	35.460	+0.000
TCP06	322337.050	6266964.180	0.280	0.274	-0.006
TCP07	322287.480	6266900.250	-0.280	-0.278	+0.002
TCP08	322292.440	6266842.040	28.880	28.882	+0.002
TCP10	322479.590	6267022.510	32.620	32.620	+0.000
TCP11	322467.490	6267087.440	26.330	26.328	-0.002
TCP13	322518.200	6267084.400	26.690	26.690	+0.000
TCP14	322565.330	6267089.340	28.300	28.300	+0.000
TCP15	322497.620	6267160.670	3.770	3.771	+0.001
TCP16	322559.460	6267156.510	0.007	0.015	+0.008
TCP17	322645.780	6267143.260	0.050	0.049	-0.001
TCP18	322698.730	6267208.930	-0.240	-0.240	+0.000
TCP19	322704.210	6267215.700	-0.250	-0.250	+0.000
TCP20	322818.150	6267266.380	-0.120	-0.122	-0.002
TCP21	322879.400	6267199.550	24.030	24.038	+0.008
TCP_25	323718.850	6267226.030	22.540	22.541	+0.001
TCP27	323792.230	6267259.630	25.460	25.461	+0.001
TCP28	323947.160	6267360.160	15.669	15.670	+0.001
TCP30	324038.990	6267418.460	6.220	6.221	+0.001
TCP31	324075.780	6267452.660	5.680	5.680	+0.000
TCP32	324059.910	6267466.840	7.440	7.439	-0.001
GCP03	324113.532	6267485.802	6.463	6.464	+0.001
TCP34	324168.790	6267519.760	6.370	6.370	+0.000
TCP36	324270.780	6267574.820	7.370	7.371	+0.001
TCP37	324271.930	6267576.810	7.390	7.390	+0.000
TCP38	324337.490	6267607.330	6.660	6.660	+0.000
TCP39	324385.780	6267633.970	10.350	10.350	+0.000
TCP41	324455.750	6267700.470	17.690	17.691	+0.001
TCP42	324400.420	6267815.340	1.400	1.400	+0.000
TCP43	324402.360	6267943.930	1.110	1.109	-0.001
TCP44	324423.080	6267991.680	2.450	2.451	+0.001

TCP45	324744.940	6268062.390	2.570	2.570	+0.000
TCP46	324859.070	6268042.530	2.210	2.211	+0.001
TCP47	325008.080	6267999.720	31.870	31.870	+0.000
TCP48	325208.400	6268121.440	22.070	22.070	+0.000
GCP04	325233.339	6268193.418	10.209	10.209	+0.000
TCP50	325199.460	6268317.750	1.480	1.480	+0.000
TCP51	325212.800	6268391.410	11.790	11.790	+0.000
TCP54	325189.610	6268579.940	3.520	3.520	+0.000
TCP55	325252.190	6268563.730	1.210	1.214	+0.004
TCP56	325473.030	6268591.810	19.650	19.650	+0.000
GCP05	325502.129	6268651.915	9.096	9.096	+0.000
TCP59	325551.160	6268684.170	20.870	20.871	+0.001
TCP60	325550.710	6268684.800	20.890	20.888	-0.002
TCP63	325694.120	6268992.780	2.530	2.530	+0.000
TCP64	325762.700	6268916.610	14.950	14.950	+0.000
TCP66	325854.420	6268948.720	6.910	6.910	+0.000
TCP67	325854.620	6268951.070	6.910	6.910	+0.000
GCP06_2020	324761.080	6267959.856	39.019	39.019	+0.000

Average dz -0.000  
Minimum dz -0.002  
Maximum dz +0.008  
Average magnitude 0.001  
Root mean square 0.003  
Std deviation 0.003

#### 4.3.2 Recalage du nuage de point terrestre

##### Rapport de recalage (à partir des extractions de scans)

Nom de l'utilisateur : Metro-81

Date : Tue Nov 24 11:12:50 2020

Nom du projet : LUZ

Unités des mesures linéaires : Millimètre

Système de coordonnées : X, Y, Z

---

Erreur nuage à nuage totale: 19.9072 mm

---

#### C1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
C2_Cloud	8.7668 mm	51%	100%

**F2\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
G1_Cloud	9.2340 mm	47%	100%

**K1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
K2_Cloud	9.8681 mm	47%	100%

**I1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
I2_Cloud	11.8549 mm	40%	100%

**B1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
B2_Cloud	8.1366 mm	50%	100%

**LAZ 1.2 - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
M1_Cloud	33.9546 mm	39%	0%

**N1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N2_Cloud	10.8885 mm	40%	100%

**LAZ 1.2 - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
O1_Cloud	30.6272 mm	49%	0%

**LAZ 1.2 - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
N1_Cloud	34.1234 mm	22%	0%

#### **A1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
A2_Cloud	7.5898 mm	44%	100%

#### **C2\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
D1_Cloud	8.6513 mm	39%	100%

#### **G1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
H1_Cloud	12.0308 mm	34%	100%

#### **H1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
I1_Cloud	13.1585 mm	32%	100%

#### **F1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
G1_Cloud	8.7379 mm	22%	100%

#### **L1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
L2_Cloud	8.8378 mm	24%	100%

#### **C2\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
D2_Cloud	9.6463 mm	20%	0%

#### **D2\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -**

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
E1_Cloud	10.1120 mm	16%	0%



## K2\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
LAZ 1.2	34.1934 mm	21%	0%

## L2\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
LAZ 1.2	35.3068 mm	13%	0%

## C2\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
LAZ 1.2	34.8299 mm	14%	0%

## G1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
LAZ 1.2	34.9095 mm	9%	0%

## A2\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
LAZ 1.2	33.5203 mm	21%	100%

## J1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
LAZ 1.2	34.3733 mm	15%	0%

## B1\_Cloud - 1 Station(s) avec des points en commun -

Nom de l'objet	Erreur nuage à nuage	Points en commun (%)	Confiance (%)
LAZ 1.2	34.4216 mm	14%	0%

#### 4.4 Précision de la photogrammétrie

723 images ont été acquises. 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 723 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 [m] <i>OMEGA [deg]</i>	Y [m] <i>PHI [deg]</i>	Z [m] <i>KAPPA [deg]</i>
RMSE des résidus Position camera GPS-IMU	0.019	0.02	0.015
RMSE des résidus angulaire GPS-IMU	0.003	0.003	0.008
RMSE des résidus sur les points de calage	0.022	0.028	0.019



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

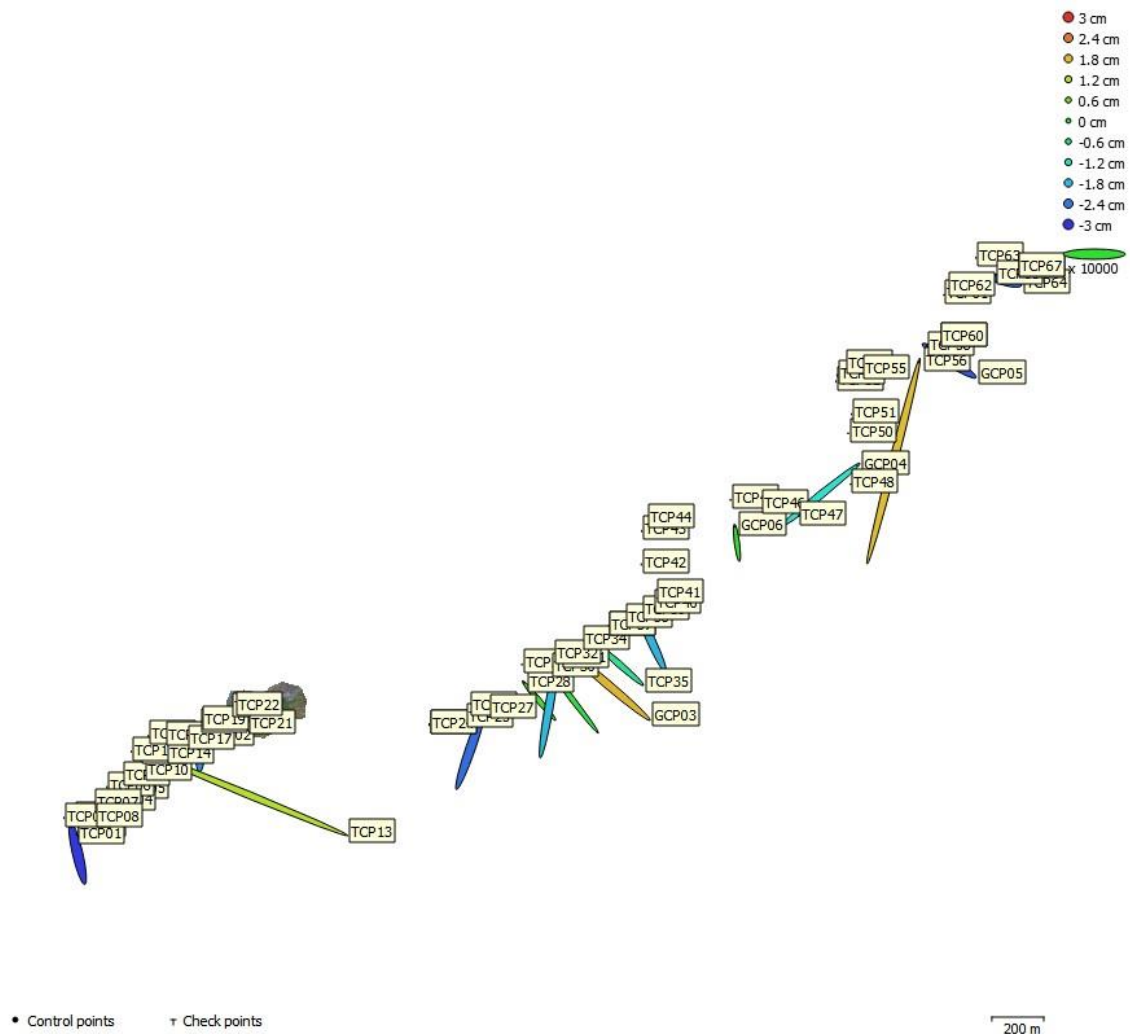


Figure 8 : Résidus sur les points de calage

## **4.5 Calcul du MNT**

### **Modèle dédensifié numérique de terrain**

Le MNT final est composé des points de sol LiDAR filtrés et de lignes de rupture complétant le LiDAR. Les lignes modélisent les structures linéaires comme les bords de murs, ponts ou entrée de tunnel. Ces lignes sont indispensables à la création d'un modèle de terrain précis, notamment par la génération d'orthophotographies haute résolution.

Les lignes de ruptures sont restituées sur le nuage LiDAR ou par stéréoscopie. 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 2020 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 2020 et des 3 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	\00_Rapport	Rapport_Mission_32996_SJL4
Shape/DGN	Empreinte des tuiles ortho, CAD	\01_CAD_SHP	Footprint_SJL4_L93.shp als_SJL4_L93_IGN69_footprint.dgn
LAZ	LiDAR Brut Filtré 0=unclassified 2=sol	\02_LIDAR	SJL4_L93_IGN69_001_delivery.laz
MESH3D OBJ	MNT Triangulation 3D avec Texture (.obj +.mtl + .jpg)	\03_MNT_MESH	SJL4_L93_Mesh3d_ZoneXX.OBJ
GeoTIFF	MNT Grille régulière 10cm (.tiff)	\04_GRILLES	MNT_2020_Zx_GRILLE_10cm_L93_IGN69.TIFF MNT_Zx_GRILLE_10cm_L93_IGN69_diff-20XX-20XX.TIFF
XYZ	Modèle numérique de surface.	\05_MNS	SJL4_L93_IGN69_002_delivery.xyz
TIF/TFW	Orthophoto RGB Pixel 5cm	\06_ORTHO	Ortho_2020_5cm_L93_324250_6267750.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"> <li>• Elimination des points aberrants (sous le sol, air)</li> <li>• Extraction automatique du sol</li> <li>• Contrôle manuel du sol par édition du model ombré</li> <li>• Dé-densification des points du sol avec une routine de type thinning (grille de 10cm)</li> </ul>
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

Régis Meyrat, 17/12/2020





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