

0. Contexte et objet

Notes descriptives sur le LiDAR.

1. LiDAR aéroporté

1.1. Principe

La technologie utilisée est le LiDAR aéroporté.

Le système se compose des éléments embarqués suivants :

- Une antenne GPS qui enregistre les signaux des satellites GPS (2 Hz).
- Une plateforme inertielle (IMU Inertial Motion Unit) qui enregistre les accélérations et les vitesses de rotation de la plateforme (256 Hz).
- Un système LiDAR (Light Detection and Ranging) comprenant un laser émettant des pulses de lumière infrarouge et un miroir rotatif envoyant les pulses vers le sol en créant un balayage perpendiculaire à la direction de vol. Les pulses de lumière sont réfléchis par le sol ou l'obstacle rencontré en route. Le signal rétrodiffusé est enregistré et il contient des pulses correspondant aux échos (Analyse « Full Wave »). Le temps de parcours du pulse est mesuré et donc la distance parcourue.

A partir des enregistrements GPS à bord de l'avion, des enregistrements GPS récupérés de stations fixes connues au sol, et des données de la plateforme inertielle, la trajectoire et l'orientation précises du système sont calculées à tout instant.

La combinaison de ces données avec les mesures de distance et de position du miroir permet d'obtenir un nuage de points 3D correspondant aux différents échos.

1.2. Paramètres des missions

Le scanner utilisé est un scanner Riegl Litemapper 6800i.

Les paramètres nominaux sélectionnés pour les missions sont les suivants :

- Pulse Repetition Rate : 150 kHz
- Scan Angle (FOV) : 60°
- Scan pattern : Regular
- Ground speed : 145 knots ~ 75 m/s ~ 270 km/h
- Target reflectivity : 25%
- Recouvrement latéral : 30% de manière à éviter les trous dans la couverture
- Hauteur de vol : 1500m AGL, 1550m maximum très localement
- Densité obtenue : de 0.78 pt/m² à 1500m à 0.96 pt/m² à 1200m

2. Traitement des nuages de points LiDAR

2.1. Ajustement des bandes

Les nuages de points correspondant aux différentes bandes de vol doivent être ajustés. Cet ajustement permet d'affiner les paramètres de calibrage (angles résiduels et offsets) du système.

Un certain nombre de champs de référence sont mesurés sur le terrain.

Les différences suivantes sont calculées :

- En altimétrie en mesurant les différences de hauteur entre surfaces planes des nuages de points dans les zones de recouvrement, et entre les nuages de points et les champs de référence

- En planimétrie en exploitant les surfaces inclinées et les arêtes naturellement présentes dans les données (pans de toitures, lignes de faîtage).

Un calcul d'ajustement global permet de minimiser les écarts en adaptant les valeurs des paramètres de calibration.

A l'issue de ce processus, les écarts entre les bandes de vols, ainsi qu'entre le nuage de points LiDAR et les champs de référence sont inférieures à la tolérance fixée.

2.2. Filtrage des données

Les nuages de points LiDAR sont ensuite classifiés.

La classification comprend les trois étapes :

- Analyse « full wave » permettant une première classification en « surface dure » et « végétation » ; la classe végétation comprend également des points pour lesquels la réflexion est plus faible que sur une surface dure (arêtes de bâtiments, balcons, terrasses, éléments aériens, pylônes, ...), suivant les cas.
- Analyse morphologique combinant un ensemble de filtres permettant de définir le sol et les éléments hors sol, en plus de la végétation déterminée plus haut. Ces filtres comprennent un certain nombre d'opérations et sont paramétrisables suivant la nature du terrain.
- Contrôle de qualité et classification manuelle ou assistée, pour corriger les erreurs, et pour la définition des classes « EAU » et « PONT ».

Les classes obtenues en fin de classification sont les suivantes :

- SOL
- HORS-SOL
- VEGETATION haute (issue principalement de l'analyse du signal rétrodiffusé)
- EAU
- PONT

Le contrôle porte principalement sur la définition du sol, qui doit comprendre suffisamment de points pour une représentation correcte, et ne plus comprendre de points hors sol.

Le contrôle se fait sur des vues ombrées.

Ceci ne garantit cependant pas que tout point situé effectivement au sol est classé comme sol.

2.3. Format final des données

Les nuages de points ajustés et filtrés sont stockés au format LAS.

3. **Calcul des MNT et MNS**

3.1. MNC – MNT NON interpolé au pas de 1x1m²

3.1.1 Définition

Il s'agit d'une grille MNT = « Modèle Numérique de Terrain ».

Elle calculée à partir des données LiDAR LAS, à partir de la classe « SOL » uniquement, et où seuls les « petits trous » sont comblés.

La méthode se base sur les points tombant effectivement dans une cellule avec un remplissage à partir des voisins jusqu'à deux pixels ; vu la densité de l'ordre de 0.8 pts/m² et la taille du pixel de 1 m², ce remplissage est nécessaire pour éviter l'effet de densité.

3.1.2 Calcul et contenu

La méthode utilisée a les caractéristiques suivantes :

- Cellules de 1m
- BINNING (on ne prend que les points qui tombent dans la cellule)

- AVERAGE
- Interpolation SIMPLE : Il complète 2 cellules vides maximum à partir des voisines
Les cellules ne contenant pas de données ont une valeur NODATA.

3.1.3 Cellules vides

Certaines cellules ne sont pas interpolées car elles sont vides à cause de la présence d'eau (canaux, étangs, voire flaques ou zones humides dans certains champs), à cause de l'obstruction (partie cachée par un bâtiment qui ne fait pas partie de la couche « sol »), à cause d'une densité plus faible sous certaines formes de végétation, à cause de l'absence de réflexion.

3.2. HILC – Vue ombrée à partir de MNC, le MNT NON interpolé

3.2.1 Définition

Il s'agit d'une vue ombrée calculée à partir de MNC, au pas de 1x1m².

3.2.2 Calcul et contenu

La méthode utilisée a les caractéristiques suivantes :

- Azimuth 30° (La lumière doit venir du Nord !)
- Altitude 30°

Les cellules ne contenant pas de données ont une valeur NODATA.

3.2.3 Cellules vides

Certaines cellules ne sont pas interpolées car elles correspondent aux zones vides de MNC.

3.3. MNT – MNT interpolé au pas de 1x1m²

3.3.1 Définition

Il s'agit d'une grille MNT calculée à partir des données LiDAR LAS, à partir de la classe « SOL » uniquement, et où tous les trous sont comblés.

La méthode se base sur les points tombant effectivement dans une cellule avec un remplissage à partir des voisins utilisant la méthode « natural neighbor ».

3.3.2 Calcul et contenu

La méthode utilisée a les caractéristiques suivantes :

- Cellules de 1m
- BINNING (on ne prend que les points qui tombent dans la cellule)
- AVERAGE
- Interpolation NATURAL_NEIGHBOR basée sur une tessellation de Voronoi, et le poids des polygones respectifs (voir Wikipedia pour une description précise)

Il n'y a pas de cellules vides.

3.3.3 Remarques

La méthode NATURAL_NEIGHBOR offre une surface interpolée « adoucie et continue » qui ne laisse pas apparaître des triangles comme la méthode de triangulation ; il s'agit néanmoins de données interpolées.

3.4. HILT – Vue ombrée à partir du MNT interpolé

3.4.1 Définition

Il s'agit d'une vue ombrée calculée à partir de MNT, au pas de 1x1m².

3.4.2 Calcul et contenu

La méthode utilisée a les caractéristiques suivantes :

- Azimuth 30° (La lumière doit venir du Nord !)
 - Altitude 30°
- Il n'y a pas de cellules vides.

3.4.3 Remarques

Les caractéristiques de l'interpolation NATURAL_NEIGHBOR sont visibles sur HILT.

3.5. MNS – MNS interpolé au pas de 1x1m²

3.5.1 Définition

Il s'agit d'une grille MNS calculée à partir des données LiDAR LAS, à partir de toutes les classes et où tous les trous sont comblés.

La méthode se base sur les points tombant effectivement dans une cellule avec un remplissage à partir des voisins utilisant la méthode « natural neighbor ».

3.5.2 Calcul et contenu

La méthode utilisée a les caractéristiques suivantes :

- Cellules de 1m
- BINNING (on ne prend que les points qui tombent dans la cellule)
- MAXIMUM
- Interpolation NATURAL_NEIGHBOR basée sur une tessellation de Voronoi, et le poids des polygones respectifs (voir Wikipedia pour une description précise)

Il n'y a pas de cellules vides.

3.5.3 Remarques

La méthode NATURAL_NEIGHBOR offre une surface interpolée « adoucie et continue » qui ne laisse pas apparaître des triangles comme la triangulation ; il s'agit néanmoins de données interpolées. Certains artefacts apparaissent là où des données élevées limitent des surfaces vides comme des arbres ou une falaise au bord d'un plan d'eau, par exemple.

3.6. HILS – Vue ombrée à partir du MNS interpolé

3.6.1 Définition

Il s'agit d'une vue ombrée calculée à partir de MNS, au pas de 1x1m².

3.6.2 Calcul et contenu

La méthode utilisée a les caractéristiques suivantes :

- Azimuth 30° (La lumière doit venir du Nord !)
- Altitude 30°

Il n'y a pas de cellules vides.

3.6.3 Remarques

Les caractéristiques de l'interpolation NATURAL_NEIGHBOR sont visibles sur HILS, et les artefacts mentionnés plus haut sont visibles.

4. **Qualité géométrique**

La qualité géométrique est calculée à partir de points d'appui en provenance d'autres projets et de points du PICC.

4.1. Altimétrie

L'erreur moyenne quadratique en Z est de 0.12 m.
(Avez-vous d'autres valeurs ?).

4.2. Planimétrie

L'erreur moyenne quadratique planimétrique est de xxx m.
Reprendre les valeurs de l'Ulg.

***** Fin du document *****