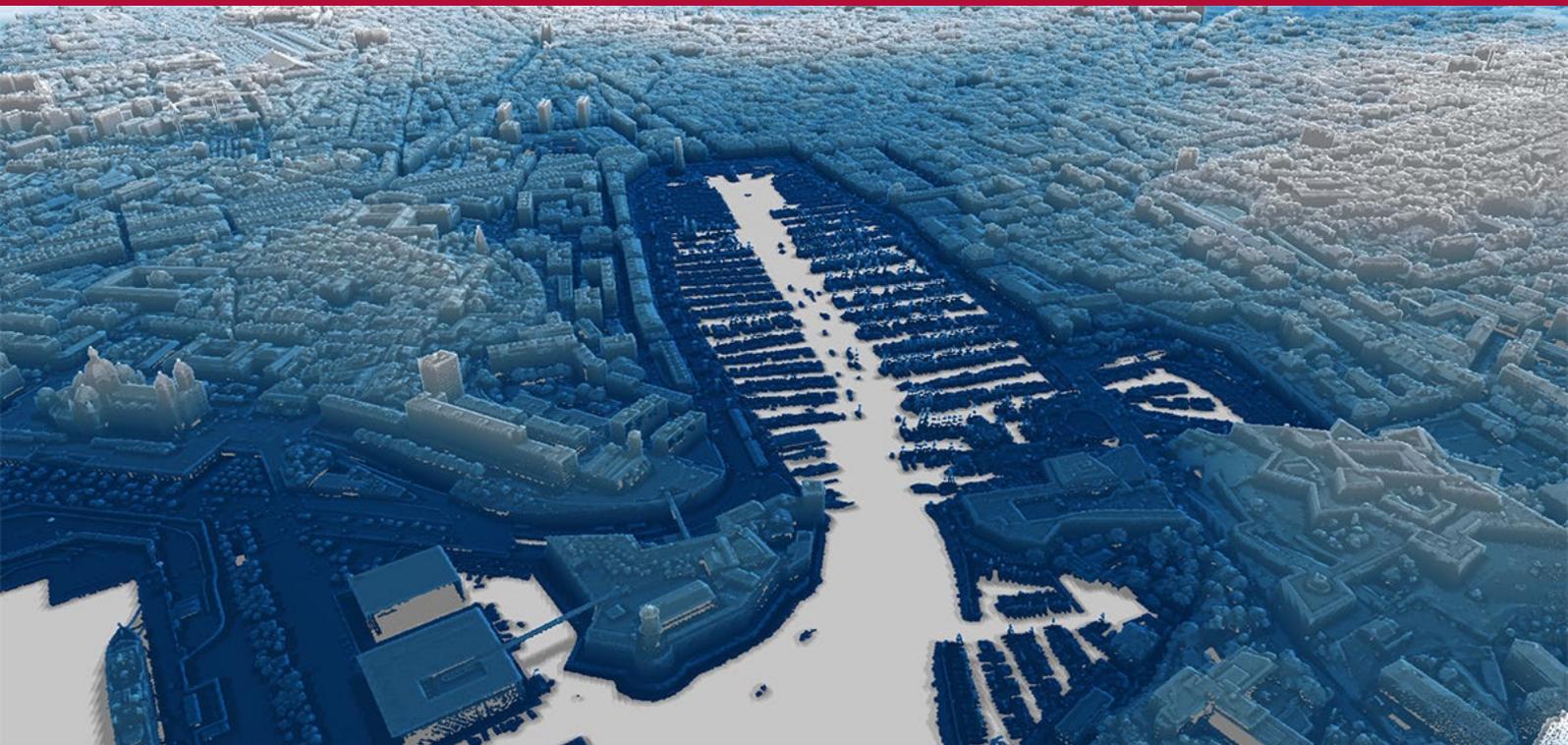


LiDAR HD Version 1.0

Descriptif technique



ign.fr

Date du document : Mai 2022

SOMMAIRE

SOMMAIRE	2
1. PRÉSENTATION DU DOCUMENT	4
1.1 Ce que contient ce document	4
1.2 Ce que ne contient pas ce document	4
2. PRÉSENTATION DU PRODUIT	5
2.1 Dallage du produit	5
2.2 Modèle de donnée	5
2.2.1 Géométrie	5
2.2.2 Intensité	6
2.2.3 Echos	7
2.2.4 Sens de balayage	8
2.2.5 Fin d'axe de vol	8
2.2.6 Classe	8
2.2.7 Angle de scan	8
2.2.8 Instrument	9
2.2.9 Axe de vol	9
2.2.10 Temps	9
3. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES	10
3.1 Sources des données	10
3.2 Extension géographique	10
3.3 Emprise de livraison	10
3.4 Références géodésiques	10
3.4.1 Systèmes de référence	10
3.4.2 Codes EPSG et IGNF	11
3.5 Paramètres de qualité	11
ANNEXE 1 - SPECIFICATIONS TECHNIQUES D'ACQUISITION LIDAR HD	12
1. Principes du programme	12
2. Exigences relatives à l'acquisition aéroportée des données	12
2.1 Caractéristiques générales de l'acquisition aérienne	12
2.1.1 Données attendues	12
2.1.2 Densité des données	12
2.1.3 Précision des données	13
2.2 Préparation de la prise de vues	13
2.2.1 Configuration de la prise de vues	13

2.3 Traitement des données acquises	13
2.3.1 Géoréférencement des données	13
2.3.2 Traitements permettant d'aboutir au semis de points géoréférencés	13
2.3.3 Dérogation aux spécifications dans les ZIPVA.....	13
2.4 Livrables attendus	14
2.4.1 Semis de points lidar	14
2.5 Contrôles réalisés	14
ANNEXE 2 - SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DE TRAITEMENT LiDAR HD.....	15
1. Principes du programme.....	15
2. Exigences relatives au traitement des données	15
2.1 Post-traitement des données acquises	15
2.1.1 Géoréférencement des données	15
2.1.2 Traitements permettant d'aboutir au semis de points classifiés.....	16
2.1.3 Saisies complémentaires.....	16
2.2 Contrôles réalisés	17
3. Spécifications pour la classification d'un nuage de points LiDAR HD	17
3.1 Définitions.....	17
3.2 Classe Sol (code 2).....	18
3.3 Classe Eau (code 9).....	18
3.4 Classe Végétation (code 3,4 et 5).....	18
3.5 Classe Bâtiment (code 6).....	19
3.6 Classe Pont (code 17).....	19
3.7 Classe Sursol pérenne (code 64).....	20
3.8 Classe Artefact (code 64).....	20
3.9 Classe Non classé (code 1)	20

1. PRÉSENTATION DU DOCUMENT

1.1 Ce que contient ce document

Ce document décrit en termes de contenu, de précision géométrique et de qualité sémantique, les caractéristiques du produit LiDAR HD¹ version 1.0.

Le terme LiDAR HD fait référence au produit LiDAR HD version 1.0 dans l'ensemble de ce document.

1.2 Ce que ne contient pas ce document

Ce document ne décrit pas le produit LiDAR HD en termes de structure de livraison, laquelle sera traitée dans un document appelé « Descriptif de livraison » qui contiendra les informations suivantes :

- organisation des données ;
- nomenclature des fichiers et structure des données.

Ce document ne présente pas les évolutions du produit ni celles de la documentation ; ces informations seront diffusées ultérieurement dans un document spécifique associé au produit et nommé « Suivi des évolutions ».

L'ensemble de ces documents est disponible sur le site [géoservices](#) de l'IGN, accessible en cliquant sur l'imagette ci-dessous :



Ce document n'est pas un manuel d'utilisation du produit LiDAR HD.

¹ **LiDAR** Haute Densité : *Light Detection And Ranging*. Système de mesure de terrain par balayage laser. Il est pris ici systématiquement au sens de LiDAR aéroporté : système permettant de mesurer la distance entre un point d'un avion et des points au sol.

2. PRÉSENTATION DU PRODUIT

Les données brutes LiDAR HD sont des nuages de points diffusés au format binaire standard LAS (LAZ 1.2/1.4), respectant les spécifications de l'ASPRS (American Society for Photogrammetry and Remote Sensing).

2.1 Dallage du produit

Chaque bloc d'acquisition LiDAR HD (bloc carré de 50 km x 50 km en général) est découpé en dalles LAZ de 1 km x 1km (voir également le paragraphe [3.3 Emprise de livraison](#)).

Chaque dalle est diffusée dans le système légal de référence associé à son territoire (voir paragraphe [3.4 Références géodésiques](#)).

2.2 Modèle de donnée

Chaque point du nuage possède les attributs suivants :

Nom de l'Attribut (en français)	Nom de l'Attribut (en anglais)
X	X
Y	Y
Z	Z
Intensité	Intensity
Numéro de retour	ReturnNumber
Nombre de retours	NumberOfReturns
Classe	Classification
Angle de scan	ScanAngleRank
Temps GPS absolu	GPSTime
Sens de balayage	ScanDirectionFlag
Instrument	UserData
Axe de vol	PointSourceId
Fin d'axe de vol	EdgeOfFlightLine

2.2.1 Géométrie

La géométrie d'un point est définie par trois attributs :

- X;
- Y;
- Z.

Chaque point de la surface terrestre est d'abord projeté sur l'ellipsoïde selon la direction normale. Puis l'ellipsoïde est transformé en surface plane. Les coordonnées associées à cette surface plane sont des coordonnées cartésiennes bidimensionnelles calculées en fonction de la longitude et de la latitude :

- X pour l'abscisse ;
- Y pour l'ordonnée.

L'altitude d'un point de la surface topographique est, de manière très approchée, la distance entre le point et une surface de référence qui correspond approximativement au niveau moyen des mers. Plus rigoureusement l'altitude est définie par :

- Z pour l'altitude.

Les coordonnées projetées (X, Y) et l'altitude (Z) sont exprimées dans le système de référence légal de la zone géographique du produit (voir paragraphe 2.d Références géodésiques).

2.2.2 Intensité

C'est une valeur sans unité qui indique l'intensité (intensity) du signal retour lors de l'acquisition. Cette valeur est conditionnée par la calibration de l'instrument, l'angle d'incidence à la surface de l'objet rencontré et à la nature de ce dernier.

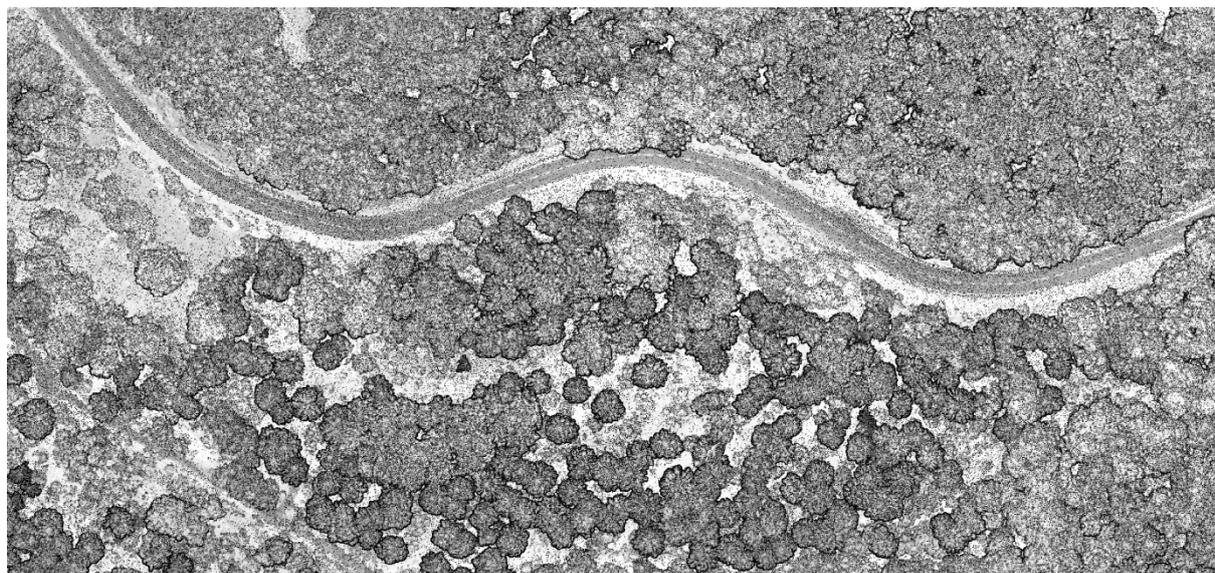


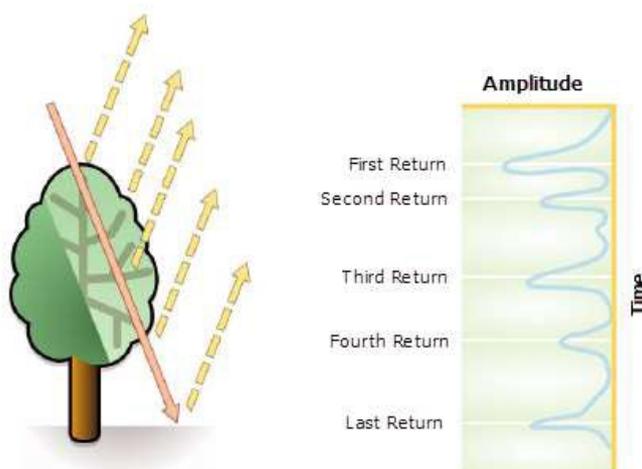
Illustration d'un nuage de point colorisé par intensité

Le tableau ci-dessous présente les valeurs des intensités relatives en fonction des éléments détectés :

Valeur basse	Valeur intermédiaire	Valeur haute
Goudron	Arbre	Herbe / Sable blanc

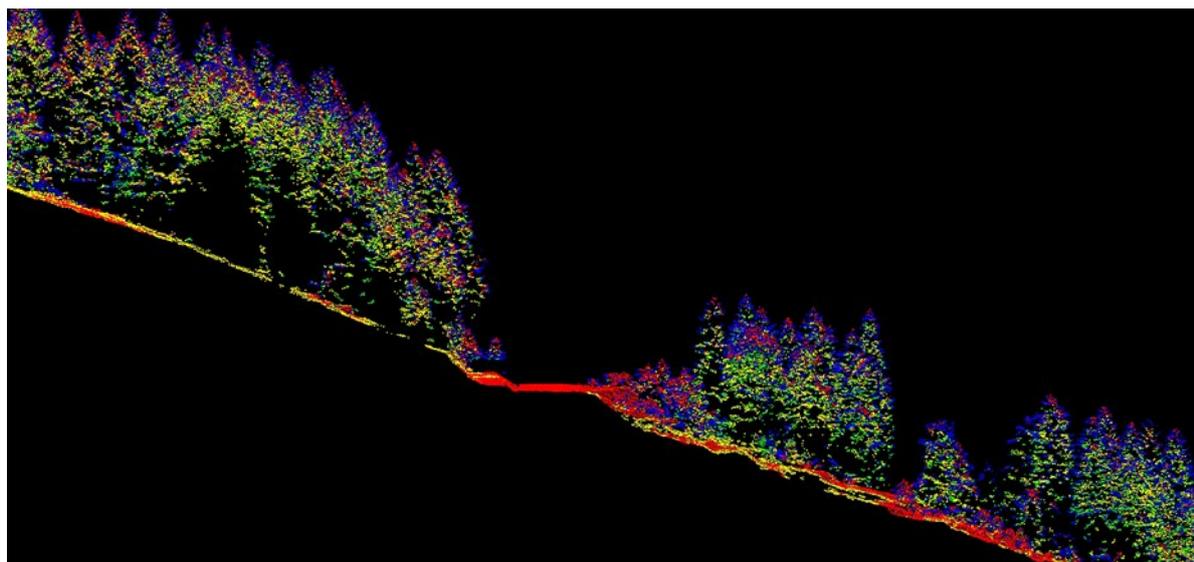
La valeur par défaut de l'intensité est 0.

2.2.3 Echos



Deux attributs distincts concernent les échos du point :

- le numéro de l'écho (return) : rang de l'écho retour du signal (1^{er}, 2nd, 3^{ème}, ... pour l'impulsion) ;
- le nombre d'échos (number_of_returns) : nombre d'écho retour total pour l'impulsion.



Écho unique :



1^{er} de plusieurs échos :



Écho intermédiaire :



Dernier écho :



La valeur par défaut du numéro d'écho est 0.

La valeur par défaut du nombre d'échos est 0.

2.2.4 Sens de balayage

Le sens de balayage (`scan_direction`) indique la direction dans laquelle le miroir du laser se déplaçait au moment de l'impulsion de sortie. Une valeur de 1 bit correspond à un sens de balayage positif, et une valeur 0 à un sens de balayage négatif (un sens de balayage positif est un mouvement de balayage du côté gauche vers le côté droit).

2.2.5 Fin d'axe de vol

Cet attribut représente la fin d'axe de vol (`flight_line_edge`). Voir également le paragraphe Axe de vol.

2.2.6 Classe

Classification du nuage : 11 classes respectant les spécifications ASPRS.

- Non classé. (1)
- Sol (2)
- Végétation basse (3) 0-50cm
- Végétation moyenne (4) 50 cm-1,50m
- Végétation haute (5) +1,50 m
- Bâtiment (6)
- Eau (9)
- Pont (17)
- Sursol pérenne, (64)
- Artefacts (65)
- Points virtuels (66)

NB : Dans le cas de données brutes LiDAR HD, l'attribut Classe a été conservé mais la valeur par défaut est fixée à Non Classé (1).

2.2.7 Angle de scan

L'angle de scan (`angle`), exprimé en degré entier, représente l'angle entre le faisceau émis lors de l'acquisition du point et le 0° de l'instrument (correspondant à l'angle de roulis de l'avion).

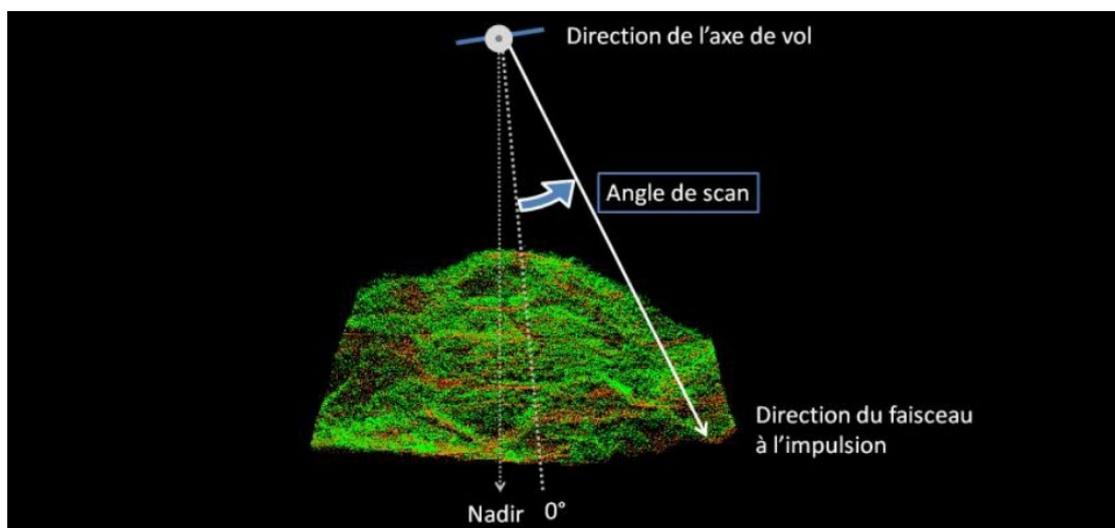


Illustration de l'angle de scan

La valeur par défaut de l'angle de scan est 0.

2.2.8 Instrument

L'attribut d'instrument (`user_data`) permet de déterminer quel type d'instrument a mesuré le point. Le tableau ci-dessous présente l'ensemble des codes utilisés et leur description :

Code	Type d'instrument
0	Non renseigné (par défaut)
20	Instrument mixte Topo/Bathy
30	Instrument Bathy
40	Instrument SMF ²
50	Instrument Topo
60	Point calculé (non acquis)
70	Point saisi (non acquis)

À noter : Les codes **60** et **70** sont réservés aux points virtuels créés artificiellement.

2.2.9 Axe de vol

Cet attribut précise de quel axe de vol est issu le point mesuré. Un identifiant (`point_source_id`) est utilisé pour renseigner l'axe de vol.

La valeur par défaut de l'axe de vol est 9999.

2.2.10 Temps

La valeur du temps (`gps_time`) du point peut être exprimée soit :

- en temps GPS absolu : soit le temps standard GPS moins 1 000 000 000 (où le temps standard GPS correspond au nombre de secondes écoulées depuis le 06/01/1980 à 00 :00 :00 UTC) ;
- en temps GPS à la semaine : la valeur du temps représente alors le nombre de secondes qui s'est écoulé depuis le dimanche minuit (transition Samedi/Dimanche) précédent l'acquisition. Les valeurs sont donc comprises entre 0 et 604800 (= 60 x 60 x 24 x 7).

La valeur par défaut du temps est 0.

² Sondeur Multi Faisceaux.

3. CARACTÉRISTIQUES TECHNIQUES

3.1 Sources des données

Les données brutes LiDAR HD sont des nuages de points issus d'une acquisition aérienne LiDAR avec une densité d'au moins 10 impulsions au m².

3.2 Extension géographique

Le produit LiDAR HD couvrira :

- la France métropolitaine ;
- les Antilles françaises ;
- la Réunion ;
- Mayotte.

3.3 Emprise de livraison

Les dalles LiDAR HD sont diffusées par 4 sous forme de prépaquets de 2 km x 2 km (soit 4km²) pour des questions de volumétrie (voir également le paragraphe [2.1 Dallage du produit](#)).

3.4 Références géodésiques

Les systèmes de coordonnées planimétrique et altimétrique employés pour générer les grilles d'altitude sont fixés légalement par le décret n° 2000-1276 modifié du 26 décembre 2000 portant application de la loi n° 95-115 du 4 février 1995.

3.4.1 Systèmes de référence

Les données sont proposées de façon standard dans les systèmes légaux de référence suivants :

Zone		Système géodésique	Ellipsoïde associé	Projection	Système altimétrique	Type d'altitudes
France continentale		RGF93		Lambert 93	IGN 1969	Normale
Corse					IGN 1978C	
Guadeloupe	Grande Terre - Basse Terre	RGAF09	IAG GRS 1980	UTM Nord fuseau 20	IGN 1988	Orthométrique
	Marie-Galante				IGN 1988 MG	
	La Désirade				IGN 1992 LD	
	Les Saintes				IGN 1988 LS	

Zone		Système géodésique	Ellipsoïde associé	Projection	Système altimétrique	Type d'altitudes
Martinique		RGAF09	IAG GRS 1980	UTM Nord fuseau 20	IGN 1987	Orthométrique
La Réunion		RGR92		UTM Sud fuseau 40	IGN 1989	
Mayotte		RGM04		UTM Sud fuseau 38	SHOM 1953	

3.4.2 Codes EPSG et IGNF

Systèmes de référence géodésique EPSG³ et IGNF :

Zone		Code EPSG projection	Code IGNF projection	Code EPSG altitude	Code IGNF altitude
France continentale		2154	LAMB93 (RGF93LAMB93)	5720	IGN69
Corse				5721	IGN78C
Guadeloupe	Grande Terre - Basse Terre	5490	RGAF09UTM20	5757	GUAD88
	Marie-Galante			5617	GUAD88MG
	La Désirade			5618	GUAD92LD
	Les Saintes			5616	GUAD88LS
Martinique				5756	MART87
La Réunion		2975	RGR92UTM40S	5758	IREUN89
Mayotte		4471	RGM04UTM38S	5793	MAYO53

3.5 Paramètres de qualité

Après acquisition des données LiDAR HD, un contrôle géométrique est réalisé à partir de points de contrôle afin d'assurer une précision minimum de :

- 50 cm d'EMQ en planimétrie ;
- 10 cm d'EMQ en altimétrie.

On définit comme EMQ ou Erreur Moyenne Quadratique, le calcul statistique utilisé généralement, s'agissant de données géographiques, pour qualifier la précision d'un positionnement. Il s'agit de la mesure de la dispersion des observations autour de la valeur vraie (correspond à l'anglais *Root Mean Square* ou *rms*). L'EMQ est le plus souvent exprimée en unité terrain.

³ European Petroleum Survey Group : <https://epsg.io>.

ANNEXE 1 - SPECIFICATIONS TECHNIQUES D'ACQUISITION LIDAR HD

1. Principes du programme

Les travaux à réaliser comprennent :

- la réalisation d'une acquisition lidar aérienne de densité minimale de 10 impulsions/m² ;
- la mise en géométrie du nuage de points acquis en respectant les attentes de programmation.

Les livrables attendus sont :

- les semis de points LiDAR mis en géométrie, au format LAZ 1.2

2. Exigences relatives à l'acquisition aéroportée des données

2.1 Caractéristiques générales de l'acquisition aérienne

2.1.1 Données attendues

- {T-1} Les données attendues sont des nuages de points 3D acquis par un lidar aéroporté.
- {T-2} Le système d'acquisition doit permettre de fournir un nuage de points géoréférencés avec, pour chaque point, l'information :
- d'intensité du signal retour mesuré ;
 - de date exprimée sous forme de temps GPS absolu ;
 - du numéro de la bande de vol à laquelle il se rapporte ; cette information doit être cohérente avec celle des éléments de trajectographie fournis par ailleurs.
- {T-3} En cas d'utilisation d'un instrument lidar de type multi-échocs, chaque point doit, en outre, disposer de l'information de nature (only, first, intermediate, last) et de rang de l'écho associé (ex : 1/3). En cas d'utilisation d'un instrument lidar incluant un dispositif de balayage, chaque point doit disposer de l'information d'angle de scan.

2.1.2 Densité des données

La densité du nuage attendu est contrôlée en comptant le nombre d'échos uniques et de derniers échos par cellule de 4 m x 4 m. Les cellules en zones d'eau sont par ailleurs exclues de l'analyse.

Concernant la distribution des points : les plans de vol soumis doivent, dans la mesure du possible, proposer une distribution la plus équilibrée entre l'espacement transversal et longitudinal.

- {T-4} On impose un nombre minimal de dix impulsions par m².

2.1.3 Précision des données

{T-5} On impose les caractéristiques suivantes concernant la précision des échos Lidar mesurés :

- précision planimétrique pour le nuage de points (EMQXY) : meilleure que 50 cm en X et en Y ;
- précision altimétrique pour le nuage de points (EMQZ) : meilleure que 10 cm en Z.

2.2 Préparation de la prise de vues

2.2.1 Configuration de la prise de vues

{T-6} Les données doivent être acquises en l'absence de neige.

{T-7} Les acquisitions de données ne peuvent avoir lieu que lorsque les cours d'eau ne sont pas en crue et, dans la mesure du possible, n'ont pas été très récemment en crue. Cela signifie que ces cours d'eau doivent être représentés en « vert » sur la carte de la vigilance « crues » disponible sur <https://www.vigicrues.gouv.fr/>

2.3 Traitement des données acquises

Pour chaque bloc, le recalage relatif des bandes et le géoréférencement des données sont à réaliser.

2.3.1 Géoréférencement des données

{T-8} Le système géodésique de référence est le RGF-93.

{T-9} Les données sont géoréférencées en projection Lambert-93.

{T-10} Les altitudes sont rattachées au système d'altitude NGF-IGN 69 en utilisant la surface de conversion altimétrique du géoïde français « Référence des Altitudes Françaises 2020 » (RAF20) pour la France métropolitaine.

2.3.2 Traitements permettant d'aboutir au semis de points géoréférencés

{T-11} À l'issue de l'acquisition, sont réalisés différentes opérations techniques (filtrage d'éventuel artefact et bruit de mesure...) afin d'aboutir à la mise en géométrie du nuage et au recalage relatif des différentes bandes d'acquisition formant le nuage de points lidar (incluant *in fine* la transformation en coordonnées planes et altitudes).

{T-12} La présence d'artefact dans le nuage ou tout décalage entre bandes d'acquisition de plus de **5 cm en Z** et de plus de **25 cm en XY** fait l'objet d'un traitement correctif. Les recouvrements entre les bandes dans le nuage de points global résultant sont conservés.

On obtient ainsi le semis de points bruts, composé des données d'acquisition initiales géoréférencées et non classifiées. Ce semis de points contient donc tous les échos multiples correspondant à une impulsion donnée.

2.3.3 Dérogation aux spécifications dans les ZIPVA

{T-13} Lorsque des dalles du nuage de points intersectent une ou des emprises de zones interdites à la prise de vue aérienne, la donnée est floutée.

2.4 Livrables attendus

2.4.1 Semis de points lidar

{T-14} Le nuage de points est livré au format LAZ 1.2 avec les informations attributaires attendues, à savoir :

- les coordonnées X, Y, Z ;
- l'intensité ;
- le temps GPS enregistré en temps absolu ;
- la nature et le rang de l'écho ;
- l'angle de scan.

2.5 Contrôles réalisés

Les vérifications faites comprennent notamment :

- le contrôle de la complétude du nuage ;
- le contrôle des attributs des points ;
- le contrôle géométrique de 1^{er} niveau (présence d'artefacts) ;
- le contrôle de la densité effective sur la base des éléments suivants :
 - carte de densité avec une résolution de 4 m,
 - la densité sera calculée à partir des échos uniques et des derniers échos ;
- le contrôle géométrique de 2^{ème} niveau (présence de bruit) ;
- le contrôle de la conformité du recalage relatif ;
- le contrôle de la conformité de la précision planimétrique et altimétrique du nuage.

ANNEXE 2 - SPÉCIFICATIONS TECHNIQUES DE TRAITEMENT LiDAR HD

1. Principes du programme

Les travaux à réaliser comprennent :

- la classification du nuage de points de façon à identifier les points situés au sol ainsi que ceux situés à la surface de l'eau en se conformant aux exigences pour ce qui concerne la classification du sol (voir partie 3) ;
- la classification du nuage de points de façon à identifier et différencier par type les points en sursol, en se conformant aux exigences pour ce qui concerne la classification du sursol (voir partie 3) ;
- la saisie d'éléments de contrainte en vue de produire un modèle numérique de terrain à partir du nuage de points classés en se conformant aux exigences pour ce qui concerne la modélisation du sol. (voir partie 3).

Les livrables attendus sont :

- les semis de points LiDAR classifiés, au format LAZ 1.4, avec intégration sans doublon des points virtuels de modélisation (ponts) ;
- les vecteurs de contraintes de modélisation ayant vocation à servir à la production du MNT, au format Shapefile 3D, dans le même système de coordonnées et d'altitude que le nuage de points LiDAR.

Toutes les dalles doivent contenir l'ensemble des points du nuage de point brut.

2. Exigences relatives au traitement des données

2.1 Post-traitement des données acquises

Pour chaque bloc LiDAR HD, les travaux à réaliser sont :

- La classification du nuage de points afin d'identifier les points sol et eau ;
- la classification du nuage de points afin d'identifier les points en sursol et de séparer les différents types de sursol ;
- la saisie de vecteurs de contrainte utiles à la modélisation du sol à l'endroit des ponts et leur intégration dans le nuage de points sous forme de points virtuels.

2.1.1 Géoréférencement des données

{T-1} Les données classées doivent être livrées de telle manière que la géométrie des points (coordonnées) doit être conservée à l'identique des données brutes LiDAR HD.

2.1.2 Traitements permettant d'aboutir au semis de points classifiés

Le travail demandé est un travail de classification. Par conséquent, la géométrie des points à traiter ne doit pas être modifiée et l'ensemble des points conservés. A partir du semis de points bruts, on procède uniquement à la classification des points lidar, de façon à différencier les points situés effectivement au sol ou sur l'eau, et à séparer les types de sursol. Les données brutes contiennent des points d'une seule classe (0 ou 1 typiquement). Il est demandé de ne procéder qu'à la modification de la classe afin de répartir ces points en 11 classes :

- Classe 1 : Non classé
- Classe 2 : Sol
- Classe 3 : Végétation basse
- Classe 4 : Végétation moyenne
- Classe 5 : Végétation haute
- Classe 6 : Bâtiment
- Classe 9 : Eau
- Classe 17 : Pont
- Classe 64 : Sursol pérenne
- Classe 65 : Artefacts
- Classe 66 : Points virtuels

{T-2} L'ensemble des points au sol doivent être classés dans la classe 2. Dans les zones recouvertes de végétation, on identifie tous les points réellement au sol. Une attention toute particulière doit être portée aux levées, talus, berges, remblais, déblais et autres terrains avec des ruptures de pente marquées, notamment lorsque le terrain est couvert de végétation. Les points sol situés au plus bas sur les berges des zones d'eau doivent être identifiés comme tels et classés en sol.

{T-3} En ce qui concerne le traitement des surfaces d'eau, la classification doit différencier les points sol des points sur les surfaces d'eau.

{T-4} On produira une classification du sursol telle qu'elle puisse permettre, hors ZIPVA, la distinction entre différents types de sursol, tels les bâtiments, la végétation (basse, intermédiaire ou haute), les ponts, le sursol pérenne.

2.1.3 Saisies complémentaires

{T-5} Des vecteurs de contrainte doivent être saisis au niveau de la culée des ponts afin de garantir une ouverture nette ; on rappelle en effet que les tabliers ne sont pas retenus dans la modélisation du sol.

Ces vecteurs de contrainte ne doivent être produits que dans les zones de ponts. Ainsi, les buses, ouvertures dans le sol pour permettre généralement l'écoulement de l'eau, ne doivent pas être ouvertes. D'une façon générale, en cas de conduit busé, on peut retenir que seules les ouvertures busées dont la hauteur de passage représente plus de la moitié de la hauteur totale de l'édifice doivent être ouvertes.

2.2 Contrôles réalisés

Les vérifications faites ont pour but de s'assurer

- de l'intégrité, de l'exhaustivité des données, ainsi que de leur lisibilité et de leur complétude au regard de l'emprise prévue ;
- que seul l'attribut classe a été modifié sur les points du nuage classé par rapport à ceux du nuage brut : ne sera toléré aucune modification de géométrie, ou d'autre attribut de points ;
- que la densité de points sol est suffisante et ne présente pas de défaut d'homogénéité (en l'absence de raisons liées au terrain ou aux données brutes livrées) ;
- que la classification des points est conforme aux spécifications ;
- que la modélisation du terrain est conforme aux spécifications.

Concernant la classification des points, sont effectués des vérifications systématiques, sous forme de contrôles automatiques, semi-automatiques et par échantillonnage.

Les contrôles par échantillonnage concernent 10 % des surfaces, sur des zones typiques et caractéristiques réparties sur le bloc

3. Spécifications pour la classification d'un nuage de points LiDAR HD

Le nuage de points est séparé en 11 classes :

Code	Désignation
1	Non classé
2	Sol
3	Végétation basse
4	Végétation moyenne
5	Végétation haute
6	Bâtiment
9	Eau
17	Pont
64	Sursol pérenne
65	Artefact
66	Points virtuels (modélisation)

3.1 Définitions

On définit les zones à enjeux suivantes :

- les zones inondables, définies à partir des emprises dans lesquelles des MNT lidar ont été produits pour la DGPR entre 2010 et 2019 ;
- les zones urbaines : les zones urbaines sont définies au sens de la couche « Zone d'habitation » de la BD TOPO® d'importance 1.

Pour une classe donnée, on définit l'exhaustivité comme le rapport entre le nombre de points classés et le nombre de points disponibles.

On définit EMQ ou Erreur Moyenne Quadratique, le calcul statistique utilisé généralement, s'agissant de données géographiques, pour qualifier la précision d'un positionnement. Il s'agit de la mesure de la dispersion des observations autour de la valeur vraie (correspond à l'anglais *Root Mean Square* ou *rms*). L'EMQ est le plus souvent exprimée en unité terrain.

3.2 Classe Sol (code 2)

La classe Sol doit contenir l'ensemble des points situés à la surface du sol naturel ou artificiel, et donc à l'exception des objets décrits dans les autres classes ci-dessous. En particulier, les points situés sur des surfaces en eau ou sur des tabliers de ponts ne doivent pas être considérés comme appartenant à la classe sol.

En terrain dégagé (en dehors des zones végétalisées ou bâties et des zones en eau), la densité moyenne des points de la classe sol doit être au moins de 10 pts/m² (pour autant que la densité du nuage de points brut le permette).

Dans les zones végétalisées, dans les zones présentant des ruptures de pente significatives (levées, talus, berges, remblais, déblais et autres terrains avec des ruptures de pente marquées), et plus généralement dans les zones à enjeux, sera décrit de manière optimale le sol.

Une attention particulière sera accordée aux difficultés de classification habituelles situées dans les zones à enjeux.

Il est nécessaire de traiter correctement les zones de surplomb naturel. Dans ces zones, il est demandé que les 2 sols (distants d'un Z consécutif) soient correctement classés en sol.

Dans les zones à enjeux, le taux d'exhaustivité doit être d'au moins 98% en zone dégagée. En dehors de ces zones, il est demandé que la classification du sol atteigne un taux d'exhaustivité d'au moins 95 % en zone dégagée.

Aucune erreur de classification entraînant une erreur supérieure à 60 cm en Z (3 fois l'EMQ) dans un Modèle Numérique de Terrain au pas de 1m issu de la classification ne sera tolérée.

3.3 Classe Eau (code 9)

La classe Eau doit contenir l'ensemble des points situés sur la surface des cours d'eau et plans d'eau. Ne doivent pas être mis dans cette classe les points de végétation surplombant une surface d'eau, les rochers en mer (à classer en sol), et les bateaux ou autres objets flottants (classe « Non classé »).

3.4 Classe Végétation (code 3,4 et 5)

La végétation comprend l'ensemble des arbres, arbustes, végétation basse (ex : garrigue, fougères, roselière...) du sursol. La végétation située au niveau du sol (hauteur inférieure à 20 cm mais qu'on ne peut mesurer avec précision, typiquement l'herbe) doit être classée en sol. Les classes de végétation comprennent également l'ensemble des arbres de culture (vergers, vignes), à l'exception des cultures annuelles susceptibles de disparaître à un moment de l'année. Ces cultures annuelles seront classées en « Non classé ».

La végétation est scindée en 3 classes, selon sa hauteur par rapport au sol :

- entre 0 et 50cm, elle figurera dans la classe « Végétation basse » (code 3) ;
- entre 50 cm et 1m50, elle figurera dans la classe « Végétation moyenne » (code 4) ;
- à plus de 1m50, elle figurera dans la classe « Végétation haute » (code 5).

Une attention particulière sera accordée aux confusions végétation basse / sol dans les zones à enjeux. Si le sol est clairement distinguable de la végétation, on s'efforcera de séparer les points des deux classes.

Une attention particulière devra aussi être portée sur les confusions végétation / sursol pérenne (classe 64), en ce qui concerne les pylônes, antennes et câbles de distribution d'électricité, notamment dans les zones de forêts.

3.5 Classe Bâtiment (code 6)

Les toits et façades de bâtiment sont classés en 6. Est considérée comme bâtiment toute construction

- pérenne ;
- de superficie supérieure à 10m² ;
- à usage résidentiel, agricole (silos, serres...), industriel, commercial, religieux, sportif, ... ;
- à découvert comme sous couvert arboré.

Les monuments, châteaux, moulins, châteaux d'eau, phares, cheminées industrielles et remparts, fortifications font également partie de cette classe. A titre d'information, ces objets se trouvent, sans assurance d'exhaustivité, dans le thème BATIMENT de la BD TOPO[®].

Les éléments suivants, présents sur ou à proximité immédiate des bâtiments devront, autant que faire se peut, être en classe 6 :

- les cheminées ;
- les lucarnes ;
- les verrières ;
- les balcons et terrasses (en saillie du bâtiment ou non).

Il est demandé que la classification présente un taux d'exhaustivité de **99,5%** des bâtiments (moins d'un bâtiment manquant sur 200 bâtiments réels). Sur les zones à enjeux, le taux d'exhaustivité demandé est de **99,9%** (moins d'un bâtiment manquant sur 1000 bâtiments réels).

Chaque bâtiment est réputé correctement décrit si plus de **95%** des points qui s'y rapportent sont effectivement classés en "Bâtiments".

La classe bâtiments ne doit pas contenir plus de **3%** des points ne se trouvant pas sur des bâtiments tels que définis dans ce paragraphe.

Une attention particulière sera portée aux confusions bâtiment / végétation en zone urbaine, en ce qui concerne les haies.

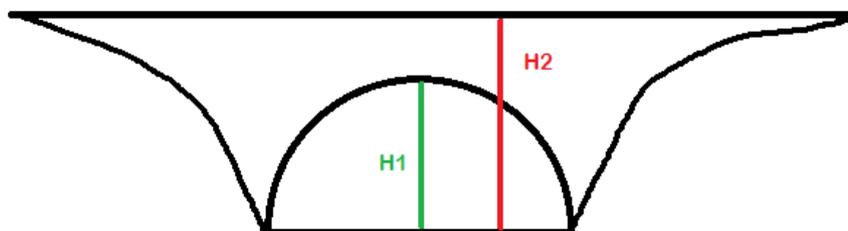
3.6 Classe Pont (code 17)

Un pont est un ouvrage d'art enjambant un ou plusieurs éléments du réseau routier, ferré ou hydrographique. Doit figurer dans la classe Pont tout point situé sur le tablier d'un pont, quelle que soit sa largeur, longueur ou le réseau qu'il enjambe. Ainsi, les passerelles (généralement à usage piétonnier) doivent figurer dans cette classe Pont.

Sont également classés dans la classe Pont les points sur les éléments de structure du pont tels que les piles et les parapets. Les éléments supérieurs du pont (piliers, haubans) sont à classer dans la classe Sursol pérenne (64).

Les passages aménagés en tunnel dans le sol (dont les buses, ouvertures dans le sol pour permettre généralement l'écoulement de l'eau) sont considérés comme constitutifs du sous-sol et à ce titre n'ont pas à être classés en pont.

Les passages inférieurs sous des réseaux construits en remblai (digues, levées, talus) peuvent parfois prêter à confusion, lorsqu'un tablier de pont n'est pas aisément distinguable dans le nuage de points ou sur l'orthophoto. Dans ces cas-là il s'agit de déterminer si l'ouvrage interrompt le remblai, auquel cas il sera considéré comme un pont, ou bien au contraire si c'est le remblai qui prédomine, auquel cas l'ouvrage sera considéré comme un conduit busé. D'une façon générale, on peut retenir que seules les ouvertures dont la hauteur de passage (H1) représente plus de 50% de la hauteur totale du remblai (H2) seront considérées et classés comme des ponts.



3.7 Classe Sursol pérenne (code 64)

La classe sursol pérenne contient l'ensemble des éléments du sursol qui ne sont ni un bâtiment ni de la végétation ni un pont, identifiés comme pérennes et de nature à marquer le paysage. Ce qui doit figurer dans cette classe (liste non exhaustive) :

- les points "hauts" tels les éoliennes, les téléphériques, antennes de télécommunication, réseaux de distribution d'électricité (câbles et pylônes), caténares, ... ;
- les éléments de ponts situés au-dessus du tablier (haubans, piliers...).

Ne doit pas figurer dans cette classe :

- les véhicules de tout type ;
- les personnes, les animaux ;
- les objets transitoires (grues de chantiers, tas de bois, de fumier, de betteraves, bottes de foin ou de paille, ...);
- les éléments trop petits pour être identifiés avec assurance.

3.8 Classe Artefact (code 64)

La classe Artefact contient l'ensemble des points, groupés spatialement ou non, dont la présence ne peut s'expliquer par le terrain.

Aucun point d'artefact ne pourra se trouver dans les classes :

- Sol (2) ;
- Pont (17) ;
- Bâtiment (6) ;
- Végétation (3, 4 et 5).

Ainsi, on s'assurera qu'aucun défaut ne soit présent dans les MNT et MNS issus de cette classification.

3.9 Classe Non classé (code 1)

Par construction, la classe « Non classé » contient le reste des points.

À titre d'exemple, y figureront les points situés sur des véhicules, des animaux ou êtres humains, objets provisoires tels que grues de chantiers, tas de bois, ...