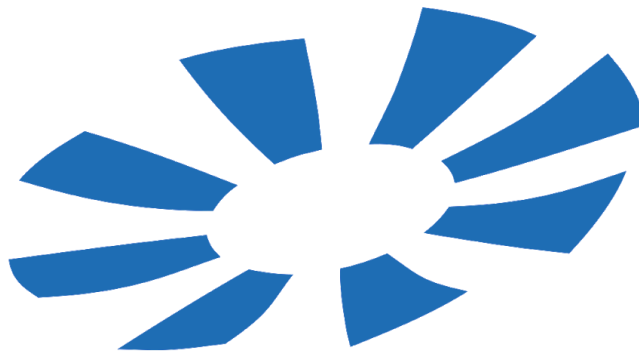


Projet LIDAR EXAMETRICS



EXAMETRICS

Remerciements	3
Introduction	4
I.1) Parties prenantes	4
Présentation de l'équipe IMERIR - CHIPS Université de Perpignan	4
Equipe pédagogique	4
Côtés client - Exametrics	4
I.2) Technologie impliquée	5
Hardware	5
Software	6
Méthode de travail	7
Planning	8
Liste des tâches	8
Tableau des tâches initial	9
Tableau des tâches fin de semaine 1	10
Tableau des tâches fin de semaine 2	11
Tableau des tâches fin de semaine 3	12
Tableau des tâches fin de semaine 4	13
Tableau des tâches fin de semaine 5	14
Tableau des tâches fin de semaine 6	15
Tableau des tâches fin de semaine 7	16
Tableau des tâches fin de semaine 8	17
Tableau des tâches fin de semaine 9	18
Mise en place des pré requis	19
Lexique/Vocabulaire	19
Mise en place de l'environnement de développement	21
Système UNIX - Kubuntu 17	21
Système Windows/ OSX MAC	22
Lien utiles	22
Développement plugin	23
Affichage IHM	23
Notion mathématique liées à l'affichage	23
Notion mathématique liées à la détection des points	23

1. Remerciements

Remerciements à :

Marcel BARIOU et Henry BORREIL pour leurs soutiens et leurs aide concernant la gestion du projet et les parties techniques.

Merci également à l'équipe pédagogique encadrant les projets industriels : Claude LE MENAHEZE, Ahmed RHARMAHOUI.

2. Introduction

Ce projet est proposé par l'entreprise Exametrics, spécialisée dans la cartographie. Elle se caractérise par l'utilisation de drone pour cartographie, et la topographie, l'art de la cartographie précise. Notamment la modélisation 3D de château ou encore d'abbaye, ou encore la surveillance de pylône électrique basé sur un contrat avec RTE.

Ce document a comme objectif d'un point de vue pédagogique de rendre un rapport final concernant le projet de deux mois, et professionnel vis à vis de l'entreprise Exametrics.

I.1) Parties prenantes

Présentation de l'équipe IMERIR - CHIPS Université de Perpignan

- Clément Matysiak
- Jules Malard
- Noé Pichot
- Mahdi Smida

Equipe pédagogique

- Ahmed Rharmoui - Enseignant responsable
- Claude Le Menaheze - Enseignant responsable

Côtés client - Exametrics

- Henry Borreill - Présent Créateur et Fondateur de Exametrics
- Marcel Bariou - Dirigeant mandataire

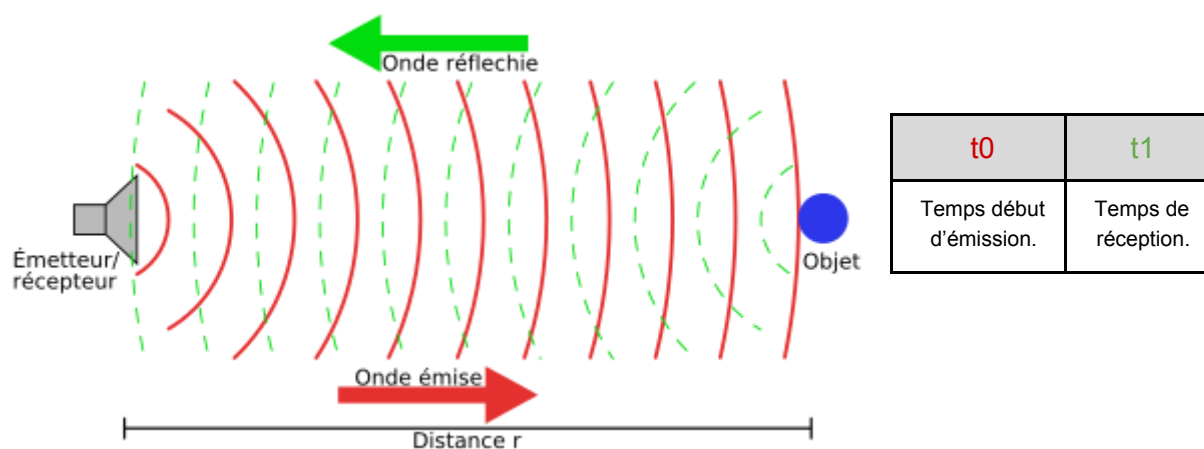
I.2) Technologie impliquée

Hardware

Présentation technique du LIDAR.

L'acquisition d'un LIDAR (*Laser Detection And Ranging*) mobile, donne naissance à notre projet et la problématique associée.

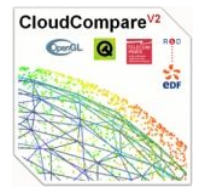
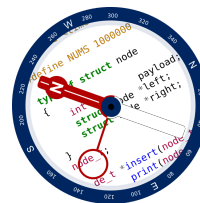

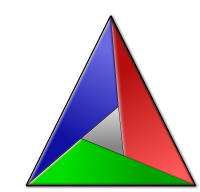

Un Lidar est un dispositif de télédétection, basé sur les propriétés d'un faisceau de lumière renvoyé vers son émetteur.



A partir de la différence entre ces deux temps, connaissant la vitesse de l'onde, il est alors possible d'en déduire la distance entre l'émetteur et l'objet.

En effectuant ce type de mesure dans plusieurs orientation, il est alors possible de "scanner" une pièce. Cette méthode a donc comme résultat un nuage de points au format *.las. C'est sur ce type de fichier que notre projet s'appuie.

Software

Logo	Nom	Versio n	Description
	CloudCompare	V.2.9.1	Logiciel Open Source de traitement de nuages de points et de maillages 3D.
	CodeCompass		Outil de compréhension de logiciel écrit en C/C++ et Java.
	Pdal Library	V.1.5.0	Point Data Abstraction Library : is a C++ library pour la traduction de données de type Nuage de Point.
	Cmake, Cmake Gui	V.3.9	Cross platform make - utilisé pour la compilation.
	QT SDK, QT Creator	V.5.10	API orienté Objet développé en C++.

3. Méthode de travail

Concernant le travail au sein de l'équipe d'IMERIR, le planning est fait en début de semaine afin de mettre en place les objectifs, et les différents processus.

Un mail bilan chaque fin de journée afin d'informer Marcel Bariou et Henry Borreill de l'avancée du projet, des éventuels problèmes. Deux briefings hebdomadaire sont mis en place en début de semaine mardi et fin de semaine vendredi avec Mr Marcel Bariou.

a. Planning

Liste des tâches

Tableau des tâches initial

Référence	Description	Responsable	Durée Initiale	Temps passé	Reste à faire
1	Rédaction DOP	Mahdi	10	0	10
2	Rendez vous - Contact Client	Jules	10	0	10
3	Visite entreprise	Clément	1	0	1
4	Etat de l'art - LIDAR	Jules	2	0	2
5	Etat de l'art - Fichier *.LAS	Clément	2	0	2
6	Etat de l'art - Création d'un Plugin CloudCompare	Jules	3	0	3
7	Etat de l'art - Ajout Plugin, compilation de CloudCompare avec CMAKE	Mahdi	5	0	5
8	Etat de l'art - Library de CloudCompare	Mahdi	5	0	5
9	Etat de l'art - Normes de Codage	Jules	1	0	1
10	Etat de l'art - Principe Mathématique	Jules	3	0	3
11	Etat de l'art - Arbres d'Octree, parcours de Morton, Voxel	Jules	5	0	5
12	Documentation - LIDAR	Mahdi	1	0	1
13	Documentation - Fichier *.LAS	Jules	1	0	1
14	Documentation - Enrichissement Fichier *.LAS	Jules	2	0	2
15	Documentation - Création d'un Plugin CloudCompare	Clément	2	0	2
16	Documentation - Ajout Plugin, compilation de CloudCompare avec CMAKE	Jules	4	0	4
17	Documentation - Library de CloudCompare	Noé	2	0	2
18	Documentation - Normes de Codage	Clément	2	0	2
19	Documentation - Principe Mathématique	Mahdi	2	0	2
20	Documentation Environnement de travail	Mahdi	2	0	2
21	Documentation - Arbres d'Octree, parcours de Morton, Voxel	Jules	4	0	4
22	Mise en place de l'environnement de travail.	Noé	5	0	5
23	Création de l'IHM du plugin dans CloudCompare (Qt Creator). - (Code)	Jules	3	0	3
24	Débugage de l'IHM du plugin dans CloudCompare (Qt Creator). - (Code)	Jules	3	0	3
25	Enrichissement d'un fichier LAS Température °C.	Clément	1	0	1
26	Création de l'affichage Plan + Vecteur dans CloudCompare. - (Code)	Clément	20	0	20
27	Débugage de l'affichage Plan + Vecteur dans CloudCompare. - (Code)	Noé	5	0	5
28	Création du code Plugin traitement du nuage de points en intersection avec le plan.	Clément	5	0	5
29	Mise en place du Système sur Matériel Exametrics	Noé	5	0	5
30	Mise en place du Pluggin sur Matériel Exametrics	Jules	5	0	5
31	Participation à la rédaction du Cahier Des Charges.	Jules	1	0	1
32	Planification du projet	Noé	3	0	3
33	Rédaction Rapport Final	Noé	10	0	10
34	Débugage	Noé	7	0	7
35	Test du Plugin	Mahdi	5	0	5
36	Préparation à la soutenance.	Mahdi	4	0	4
37	Soutenance.	Noé	1	0	1

Tableau des tâches fin de semaine 1

Référence	Description	Responsable	Durée Initiale	Temps passé	Reste à faire
1	Rédaction DOP	Mahdi	10	2	8
2	Rendez vous - Contact Client	Jules	10	1	9
3	Visite entreprise	Clément	1	0	1
4	Etat de l'art - LIDAR	Jules	2	1	1
5	Etat de l'art - Fichier *.LAS	Clément	2	1	1
6	Etat de l'art - Création d'un Plugin CloudCompare	Jules	3	1	2
7	Etat de l'art - Ajout Plugin, compilation de CloudCompare avec CMAKE	Mahdi	5	1	4
8	Etat de l'art - Library de CloudCompare	Mahdi	5	1	4
9	Etat de l'art - Normes de Codage	Jules	1	0	1
10	Etat de l'art - Principe Mathématique	Jules	3	0	3
11	Etat de l'art - Arbres d'Octree, parcours de Morton, Voxel	Jules	5	0	5
12	Documentation - LIDAR	Mahdi	1	0	1
13	Documentation - Fichier *.LAS	Jules	1	0	1
14	Documentation - Enrichissement Fichier *.LAS	Jules	2	0	2
15	Documentation - Création d'un Plugin CloudCompare	Clément	2	0	2
16	Documentation - Ajout Plugin, compilation de CloudCompare avec CMAKE	Jules	4	0	4
17	Documentation - Library de CloudCompare	Noé	2	0	2
18	Documentation - Normes de Codage	Clément	2	0	2
19	Documentation - Principe Mathématique	Mahdi	2	0	2
20	Documentation Environnement de travail	Mahdi	2	0	2
21	Documentation - Arbres d'Octree, parcours de Morton, Voxel	Jules	4	0	4
22	Mise en place de l'environnement de travail.	Noé	5	2	3
23	Création de l'IHM du plugin dans CloudCompare (Qt Creator). - (Code)	Jules	3	0	3
24	Débugage de l'IHM du plugin dans CloudCompare (Qt Creator). - (Code)	Jules	3	0	3
25	Enrichissement d'un fichier LAS Température °C.	Clément	1	0	1
26	Création de l'affichage Plan + Vecteur dans CloudCompare. - (Code)	Clément	20	0	20
27	Débugage de l'affichage Plan + Vecteur dans CloudCompare. - (Code)	Noé	5	0	5
28	Création du code Plugin traitement du nuage de points en intersection avec le plan.	Clément	5	0	5
29	Mise en place du Système sur Matériel Exametrics	Noé	5	0	5
30	Mise en place du Pluggin sur Matériel Exametrics	Jules	5	0	5
31	Participation à la rédaction du Cahier Des Charges.	Jules	1	0	1
32	Planification du projet	Noé	3	1	2
33	Rédaction Rapport Final	Noé	10	1	9
34	Débugage	Noé	7	0	7
35	Test du Plugin	Mahdi	5	0	5
36	Préparation à la soutenance.	Mahdi	4	0	4
37	Soutenance.	Noé	1	0	1

Tableau des tâches fin de semaine 2

Référence	Description	Responsable	Durée Initiale	Temps passé	Reste à faire
1	Rédaction DOP	Mahdi	10	4	6
2	Rendez vous - Contact Client	Jules	10	2	8
3	Visite entreprise	Clément	1	0	1
4	Etat de l'art - LIDAR	Jules	2	2	0
5	Etat de l'art - Fichier *.LAS	Clément	2	2	0
6	Etat de l'art - Création d'un Plugin CloudCompare	Jules	3	3	0
7	Etat de l'art - Ajout Plugin, compilation de CloudCompare avec CMAKE	Mahdi	5	2	3
8	Etat de l'art - Library de CloudCompare	Mahdi	5	2	3
9	Etat de l'art - Normes de Codage	Jules	1	1	0
10	Etat de l'art - Principe Mathématique	Jules	3	1	2
11	Etat de l'art - Arbres d'Octree, parcours de Morton, Voxel	Jules	5	0	5
12	Documentation - LIDAR	Mahdi	1	1	0
13	Documentation - Fichier *.LAS	Jules	1	1	0
14	Documentation - Enrichissement Fichier *.LAS	Jules	2	0	2
15	Documentation - Création d'un Plugin CloudCompare	Clément	2	0	2
16	Documentation - Ajout Plugin, compilation de CloudCompare avec CMAKE	Jules	4	0	4
17	Documentation - Library de CloudCompare	Noé	2	0	2
18	Documentation - Normes de Codage	Clément	2	0	2
19	Documentation - Principe Mathématique	Mahdi	2	1	1
20	Documentation Environnement de travail	Mahdi	2	0	2
21	Documentation - Arbres d'Octree, parcours de Morton, Voxel	Jules	4	0	4
22	Mise en place de l'environnement de travail.	Noé	5	5	0
23	Création de l'IHM du plugin dans CloudCompare (Qt Creator). - (Code)	Jules	3	1	2
24	Débugage de l'IHM du plugin dans CloudCompare (Qt Creator). - (Code)	Jules	3	0	3
25	Enrichissement d'un fichier LAS Température °C.	Clément	1	0	1
26	Création de l'affichage Plan + Vecteur dans CloudCompare. - (Code)	Clément	20	2	18
27	Débugage de l'affichage Plan + Vecteur dans CloudCompare. - (Code)	Noé	5	0	5
28	Création du code Plugin traitement du nuage de points en intersection avec le plan.	Clément	5	0	5
29	Mise en place du Système sur Matériel Exametrics	Noé	5	0	5
30	Mise en place du Pluggin sur Matériel Exametrics	Jules	5	0	5
31	Participation à la rédaction du Cahier Des Charges.	Jules	1	0	1
32	Planification du projet	Noé	3	1	2
33	Rédaction Rapport Final	Noé	10	1	9
34	Débugage	Noé	7	0	7
35	Test du Plugin	Mahdi	5	0	5
36	Préparation à la soutenance.	Mahdi	4	0	4
37	Soutenance.	Noé	1	0	1

Tableau des tâches fin de semaine 3

Référence	Description	Responsable	Durée Initiale	Temps passé	Reste à faire
1	Rédaction DOP	Mahdi	10	6	4
2	Rendez vous - Contact Client	Jules	10	3	7
3	Visite entreprise	Clément	1	0	1
4	Etat de l'art - LIDAR	Jules	2	2	0
5	Etat de l'art - Fichier *.LAS	Clément	2	2	0
6	Etat de l'art - Création d'un Plugin CloudCompare	Jules	3	3	0
7	Etat de l'art - Ajout Plugin, compilation de CloudCompare avec CMAKE	Mahdi	5	5	0
8	Etat de l'art - Library de CloudCompare	Mahdi	5	4	1
9	Etat de l'art - Normes de Codage	Jules	1	1	0
10	Etat de l'art - Principe Mathématique	Jules	3	3	0
11	Etat de l'art - Arbres d'Octree, parcours de Morton, Voxel	Jules	5	1	4
12	Documentation - LIDAR	Mahdi	1	1	0
13	Documentation - Fichier *.LAS	Jules	1	1	0
14	Documentation - Enrichissement Fichier *.LAS	Jules	2	0	2
15	Documentation - Création d'un Plugin CloudCompare	Clément	2	0	2
16	Documentation - Ajout Plugin, compilation de CloudCompare avec CMAKE	Jules	4	0	4
17	Documentation - Library de CloudCompare	Noé	2	0	2
18	Documentation - Normes de Codage	Clément	2	1	1
19	Documentation - Principe Mathématique	Mahdi	2	1	1
20	Documentation Environnement de travail	Mahdi	2	0	2
21	Documentation - Arbres d'Octree, parcours de Morton, Voxel	Jules	4	0	4
22	Mise en place de l'environnement de travail.	Noé	5	5	0
23	Création de l'IHM du plugin dans CloudCompare (Qt Creator). - (Code)	Jules	3	3	0
24	Débugage de l'IHM du plugin dans CloudCompare (Qt Creator). - (Code)	Jules	3	0	3
25	Enrichissement d'un fichier LAS Température °C.	Clément	1	1	0
26	Création de l'affichage Plan + Vecteur dans CloudCompare. - (Code)	Clément	20	7	13
27	Débugage de l'affichage Plan + Vecteur dans CloudCompare. - (Code)	Noé	5	0	5
28	Création du code Plugin traitement du nuage de points en intersection avec le plan.	Clément	5	0	5
29	Mise en place du Système sur Matériel Exametrics	Noé	5	0	5
30	Mise en place du Pluggin sur Matériel Exametrics	Jules	5	0	5
31	Participation à la rédaction du Cahier Des Charges.	Jules	1	0	1
32	Planification du projet	Noé	3	1	2
33	Rédaction Rapport Final	Noé	10	1	9
34	Débugage	Noé	7	0	7
35	Test du Plugin	Mahdi	5	0	5
36	Préparation à la soutenance.	Mahdi	4	0	4
37	Soutenance.	Noé	1	0	1

Tableau des tâches fin de semaine 4

Référence	Description	Responsable	Durée Initiale	Temps passé	Reste à faire
1	Rédaction DOP	Mahdi	10	7	3
2	Rendez vous - Contact Client	Jules	10	4	6
3	Visite entreprise	Clément	1	0	1
4	Etat de l'art - LIDAR	Jules	2	2	0
5	Etat de l'art - Fichier *.LAS	Clément	2	2	0
6	Etat de l'art - Création d'un Plugin CloudCompare	Jules	3	3	0
7	Etat de l'art - Ajout Plugin, compilation de CloudCompare avec CMAKE	Mahdi	5	5	0
8	Etat de l'art - Library de CloudCompare	Mahdi	5	5	0
9	Etat de l'art - Normes de Codage	Jules	1	1	0
10	Etat de l'art - Principe Mathématique	Jules	3	3	0
11	Etat de l'art - Arbres d'Octree, parcours de Morton, Voxel	Jules	5	1	4
12	Documentation - LIDAR	Mahdi	1	1	0
13	Documentation - Fichier *.LAS	Jules	1	1	0
14	Documentation - Enrichissement Fichier *.LAS	Jules	2	2	0
15	Documentation - Création d'un Plugin CloudCompare	Clément	2	2	0
16	Documentation - Ajout Plugin, compilation de CloudCompare avec CMAKE	Jules	4	1	3
17	Documentation - Library de CloudCompare	Noé	2	0	2
18	Documentation - Normes de Codage	Clément	2	2	0
19	Documentation - Principe Mathématique	Mahdi	2	2	0
20	Documentation Environnement de travail	Mahdi	2	2	0
21	Documentation - Arbres d'Octree, parcours de Morton, Voxel	Jules	4	0	4
22	Mise en place de l'environnement de travail.	Noé	5	5	0
23	Création de l'IHM du plugin dans CloudCompare (Qt Creator). - (Code)	Jules	3	3	0
24	Débugage de l'IHM du plugin dans CloudCompare (Qt Creator). - (Code)	Jules	3	3	0
25	Enrichissement d'un fichier LAS Température °C.	Clément	1	1	0
26	Création de l'affichage Plan + Vecteur dans CloudCompare. - (Code)	Clément	20	12	8
27	Débugage de l'affichage Plan + Vecteur dans CloudCompare. - (Code)	Noé	5	0	5
28	Création du code Plugin traitement du nuage de points en intersection avec le plan.	Clément	5	0	5
29	Mise en place du Système sur Matériel Exametrics	Noé	5	0	5
30	Mise en place du Pluggin sur Matériel Exametrics	Jules	5	0	5
31	Participation à la rédaction du Cahier Des Charges.	Jules	1	0	1
32	Planification du projet	Noé	3	1	2
33	Rédaction Rapport Final	Noé	10	1	9
34	Débugage	Noé	7	0	7
35	Test du Plugin	Mahdi	5	0	5
36	Préparation à la soutenance.	Mahdi	4	0	4
37	Soutenance.	Noé	1	0	1

Tableau des tâches fin de semaine 5

Tableau des tâches fin de semaine 6

Tableau des tâches fin de semaine 7

Tableau des tâches fin de semaine 8

Tableau des tâches fin de semaine 9

4. Mise en place des pré requis

a. Lexique/Vocabulaire

Lidar

La télédétection par laser ou lidar, acronyme de l'expression en langue anglaise « *light detection and ranging* » ou « *laser detection and ranging* » (soit en français « détection et estimation de la distance par la lumière » ou « par laser »), est une technique de mesure à distance fondée sur l'analyse des propriétés d'un faisceau de lumière renvoyé vers son émetteur.

Nuage de points

Ensemble de points données dans un système de coordonnées (généralement X,Y,Z).

.las format

Format standard pour les données LIDAR, regroupe différentes informations, voir [ce lien](#).

.laz format

Format compressé du format “.las”.

Raster

Représentation matriciel de données géographiques: les Raster sont des images (plans scannés, photographies aériennes, images satellitaires) repérées dans l'espace.

Matrice de transformation

Dans le plan cartésien, une matrice de transformation est une matrice qui permet, à partir des coordonnées d'un point initial représentées par une matrice colonne, de trouver celles de son image par une transformation géométrique donnée (translation, rotation). Les coordonnées de l'image sont alors obtenues en effectuant la multiplication de la matrice colonne (les coordonnées d'un point) par la matrice correspondant à la transformation géométrique concernée.

Squelettisation

La squelettisation est une classe d'algorithme utilisée en analyse de formes. Elle consiste à réduire une forme en un ensemble de courbes, appelées squelette, centrées dans la forme d'origine. La squelettisation est un outil d'analyse de forme non scalaire, qui conserve les propriétés topologiques de la forme d'origine ainsi que les propriétés géométrique, selon la méthode employée.

b. Mise en place de l'environnement de développement

Système UNIX - Kubuntu 17

Dans l'invite de commande veuillez entrer les commandes suivantes :

Step	Descriptif	Commande
1	Création d'un répertoire de travail	<ul style="list-style-type: none">• <code>mkdir Exametrics</code>• <code>cd Exametrics</code>
2	Installation des dépendances	<ul style="list-style-type: none">• <code>sudo apt-get install cmake qt-sdk qt5-default cmake-qt-gui libgeotiff-dev libgeos-dev libjsoncpp-dev libxml2-dev</code>
3	Installation de GDAL	<ul style="list-style-type: none">• <code>mkdir gdal</code>• <code>cd gdal</code>• <code>wget download.osgeo.org/gdal/CURRENT/gdal-2.2.3.tar.gz.</code>• <code>tar -zxvf gdal-gdal-2.2.3.tar.gz</code>• <code>./configure</code>• <code>make</code>• <code>sudo make install</code>
4	Installation de PDAL	<ul style="list-style-type: none">• <code>git clone https://github.com/PDAL/PDAL.git pdal</code>• <code>cd pdal && mkdir makefiles && cd makefiles</code>• <code>cmake -G "Unix Makefiles" ../</code>• <code>sudo make install</code>
5	Configurer la compilation de CloudCompare	<ul style="list-style-type: none">• <code>mkdir cloudcompare</code>• <code>git clone --recursive https://github.com/cloudcompare/trunk.git</code>• <code>cd trunk/plugins</code>• <code>git clone https://github.com/CleiK/Exametrics.git</code>• <code>cd ../.. && mkdir build</code>• <code>cd build && make all</code>• <code>sudo make install</code>• <code>sudo ldconfig</code>
6	Lancer CloudCompare	<ul style="list-style-type: none">• <code>/usr/local/bin/CloudCompare</code>

Système Windows/ OSX MAC

Concernant la distribution windows, tout les plugins natif sont directement intégrés à CloudCompare.

Il est cependant nécessaire de compiler celui ci en utilisant Cmake-gui afin d'ajouter un nouveau plugin.

Lien Utiles : <http://www.gadom.ski/2017/04/21/pdal-on-windows.html>

Lien utiles

Compilation CloudCompare	https://github.com/CloudCompare/CloudCompare/blob/master/BUILD.md
GitHub Exametrics	https://github.com/CleiK/Exametrics
User manual CloudCompare	http://www.cloudcompare.org/doc/qCC/CloudCompare%20v2.6.1%20-%20User%20manual.pdf
Documentation CloudCompare	http://www.cloudcompare.org/doc/

5. Documentation fichier LAS

a. Informations générales

Un fichier las est constitué en 3 parties : Header, VLR et les données

Le header contient les informations a propos du fichier (voir document format las) tel que le nom, le format, etc...

le VLR et un genre de gestionnaire de version, a chaque modification d'un fichier las ou ajoute une information au VLR.

Pour finir les données, elles sont formaté selon le format las utilisé. Exametrics partaient sur l'utilisation de la version 1.0, elle n'a pas d'information supplémentaire, puis finalement ils utilisent la version 1.4 pour l'ajout d'information sur chaque point (GPS, Température).

b. En python

Certaines fonctions utiles pour la modification et l'utilisation de fichiers LAS en Python.
Le package Laspy est utilisé, ainsi que Numpy.

```
pip install laspy  
pip install numpy
```

Lecture et enregistrement et fermeture de fichier :

```
inFile = laspy.file.File("monFichierLas.las", mode="r")
```

Le mode Write ("w") n'est pas nécessaire si les modifications sont faites sur une copie du fichier. (C'est le cas pour nous).

```
outFile = laspy.file.File("monNouveauFichierLas.las", mode="w", vlrs = vlrsA,  
header = inFile.header)  
outFile.close()
```

Ici, nous enregistrons un nouveau fichier avec de nouvelles données dans le VLR, et un header non modifié par rapport au fichier original.

Modification header et VLR :

```
outFile.header.offset = ...  
outFile.header.file_source_id = ...
```

Tous les éléments modifiables sont dans la documentation format LAS.

```
vlrA = copy.copy(inFile.header.vlrs)  
vlrNouveau = laspy.header.VLR("Exametrics,1,"x00*0, description = "las  
modified")  
vlrA.append(vlrNouveau)
```

Deux méthodes de modification, la première directement sur le fichier de sortie, la deuxième en copiant les données du fichier de base et en ajoutant les modifications. (Voir plus haut, enregistrement fichier). (Argument fonction VLR : Voir document format LAS).

Modification données :

```
len(inFile.points)  
inFile.x[50]  
inFile.gps_time[50]  
inFile.intensity[50]
```

De haut en bas, récupère le nombre de points, récupère la valeur x, le gps time et l'intensité du point 50.

c. En C++ (PDAL)

6. Enrichissement Fichier LAS

7. Développement plugin

a. Affichage IHM

b. Notion mathématique liées à l’affichage

c. Notion mathématique liées à la détection des points

d. Optimisation du traitement