



Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II



**Projet de Fin d'Etudes présenté pour l'obtention du
diplôme d'Ingénieur d'état en Topographie**

**CLASSIFICATION ET INTEGRATION DE NUAGES DE POINTS
3D DANS UN ENVIRONNEMENT DE REALITE VIRTUELLE**

Présenté et soutenu publiquement par:

KHARROUBI Abderrazzaq

Devant le jury

Pr. K.AIT EL KADI	Présidente	IAV HASSAN II
Pr. R.HAJJI	Rapporteur	IAV HASSAN II
Pr. R.Billen	Rapporteur	Université de Liège
Pr. T.TACHALAIT	Examineur	IAV HASSAN II
Pr. A.TAMTAOUI	Examineur	INPT

19 Septembre 2019

Plan

1

2

3

4

5

6

CONTEXTE

PROBLEMATIQUE

OBJECTIFS

METHODOLOGIE SUIVIE

RESULTATS ET ANALYSES

DISCUSSION ET PERSPECTIVES

1

Contexte

2

3

4

5

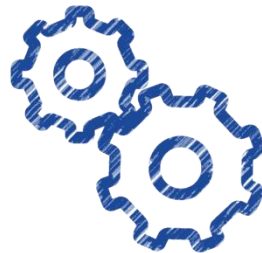
6



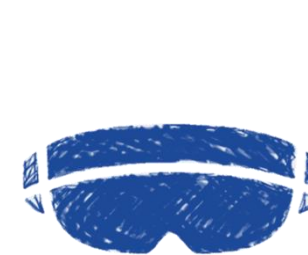
Outils d'acquisition

3D

Gigantesques nuages de points

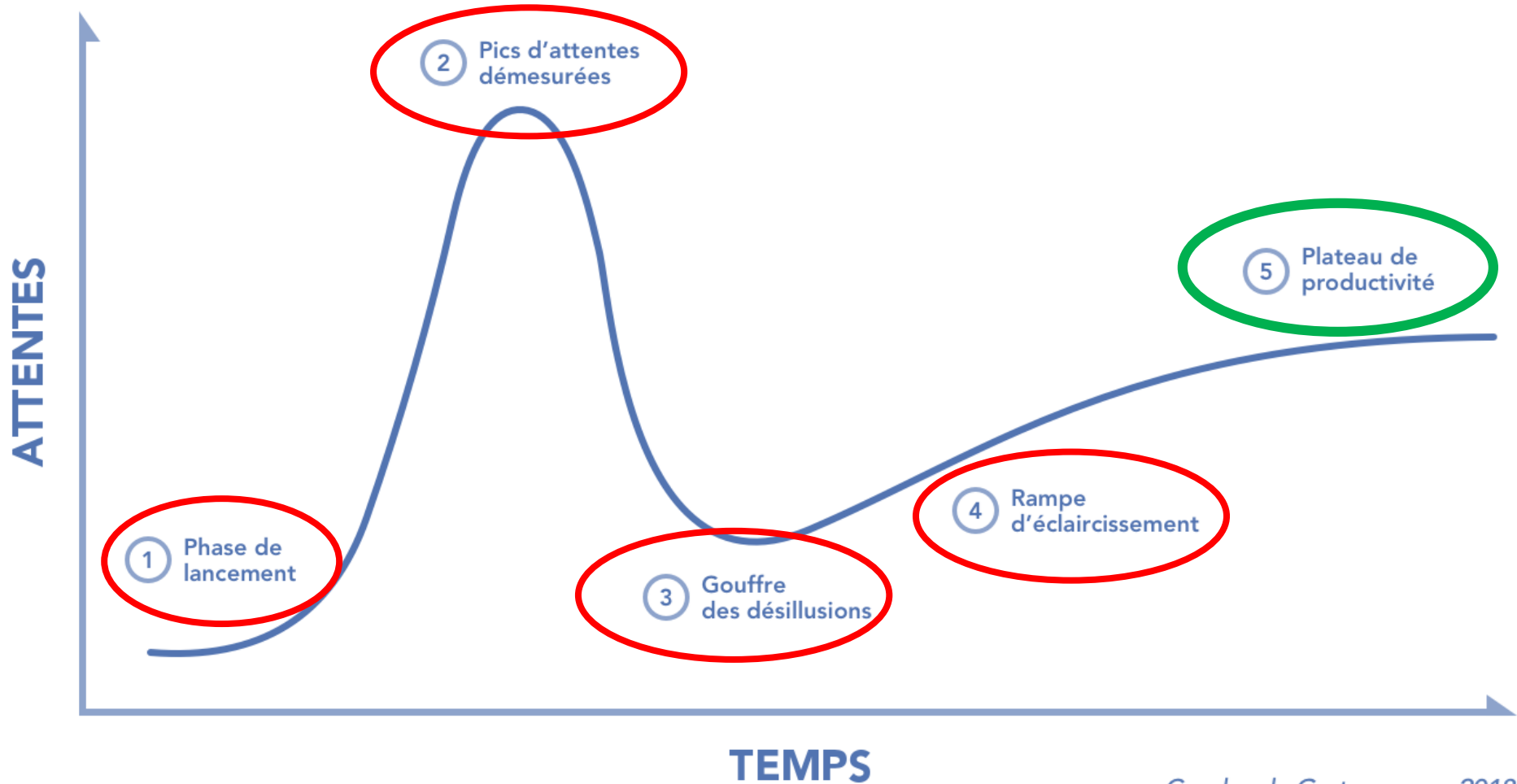


Algorithmes de traitement
Puissance de calcul



Nouveaux modes de visualisation

Il ne faut pas perdre de vue que les attentes sont souvent exagérées et que les bénéfices potentiels de la VR sont encore à confirmer.



Courbe de Gartner, mars 2018

→ 2 à 5 ans avant que la démocratisation de la VR ne soit totalement effective

1

Contexte

2

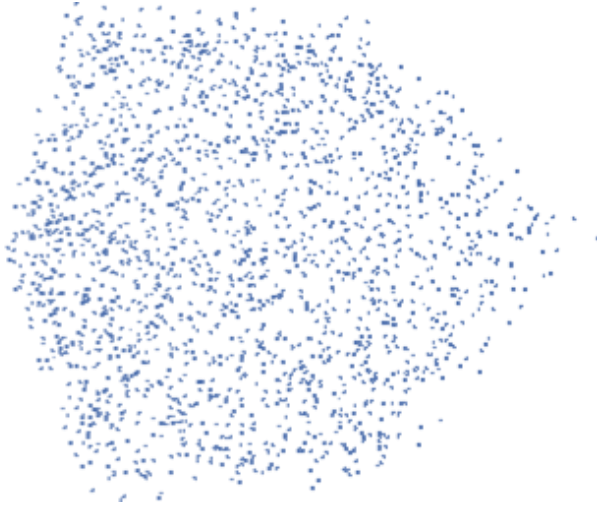
3

4

5

6





- 1 • Ensembles discrets
de données spatiales



- 2 • Exigence en capacités
de stockage et de
traitement



- 3 • Visualisation 2D non
immersive
Aspect non réalistique
en RV

1

2

3

Objectifs

4

5

6

Objectif Principal

Objectifs spécifiques



Classification et intégration des nuages
de points 3D dans un environnement de
réalité virtuelle

1

2

3

Objectifs

4

5

6

Objectif principal

Objectifs spécifiques

1

● Acquisition et traitement

Acquisition de l'information 3D
Classification

2

● Structuration

Gestion des nuages de points massifs

3

● Implémentation

Visualisation réaliste et optimisée
en RV

4

● Réflexion

Tests de performances

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

Acquisition et traitement

Segmentation

Classification

Développement de l'interface

Implémentation sous Unity

Structuration en format Potree

Application en RV avec Oculus

Test des performances

Validation



Objectif principal

Objectifs spécifiques

1

Acquisition et traitement

Acquisition de l'information 3D
Classification

2

Structuration

Gestion des nuages de points massifs

3

Implémentation

Visualisation réaliste et optimisée en RV

4

Réflexion

Tests de performances et retour expériences utilisateurs

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation



Placement des cibles



Levé des cibles(X,Y,Z)



Scan(d, gamma, phi, i)



Prise de photos(R,G, B)



Château de Jehay

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

1. Consolidation



2. Nettoyage

Sur base des cibles



Avant



Après

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

Nom	Nombre de points	Attribut	Capteur	Taille Go
CHÂTEAU_JEHAY	2.300.247.428	RGB, intensité	scanner	69.636
PCID10_RTWH_Exterior	312.710.687	RGB, intensité	scanner	4,907
PCID11_RTWH_CHAIR	259.101.028	RGB, intensité	scanner	4,807
PCID2_ULG_B5a	115.190.236	RGB, intensité	Scanner	3,824
PCID8_NAAVIS_1	44.847.540	RGB	scanner	0,657
PCID6_REVO	53.800.194	NuI	Matterport	0,630
PCID9_NAAVIS_2	4.244.416	RGB	scanner	0,062

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

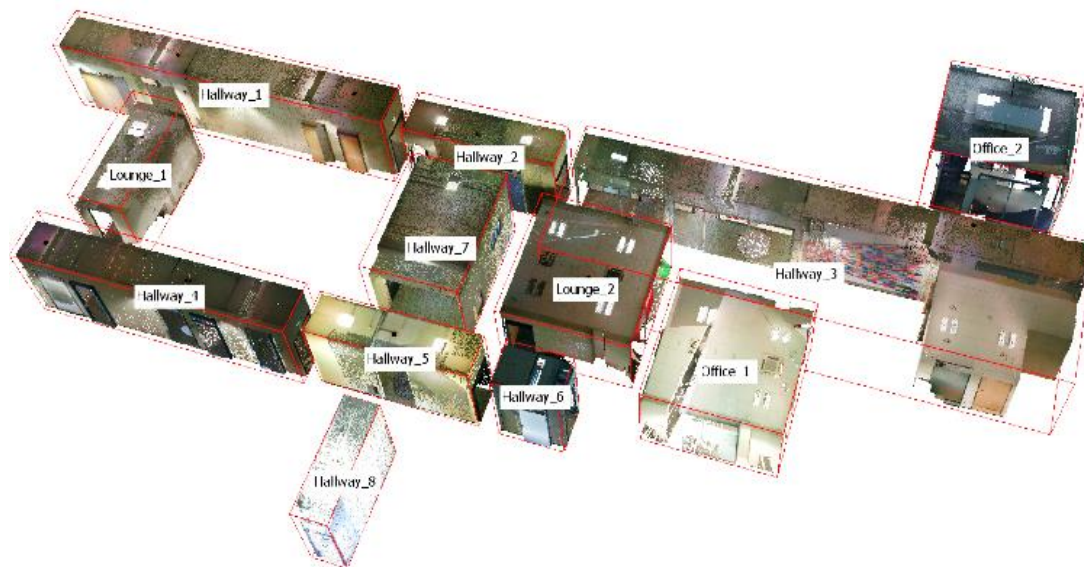
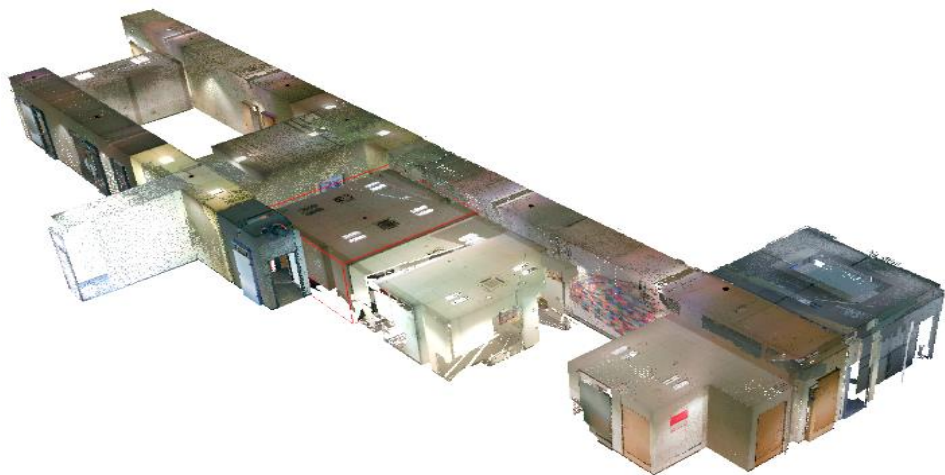
Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

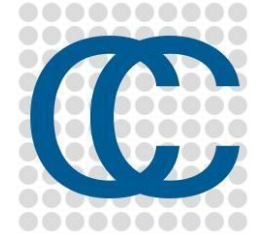
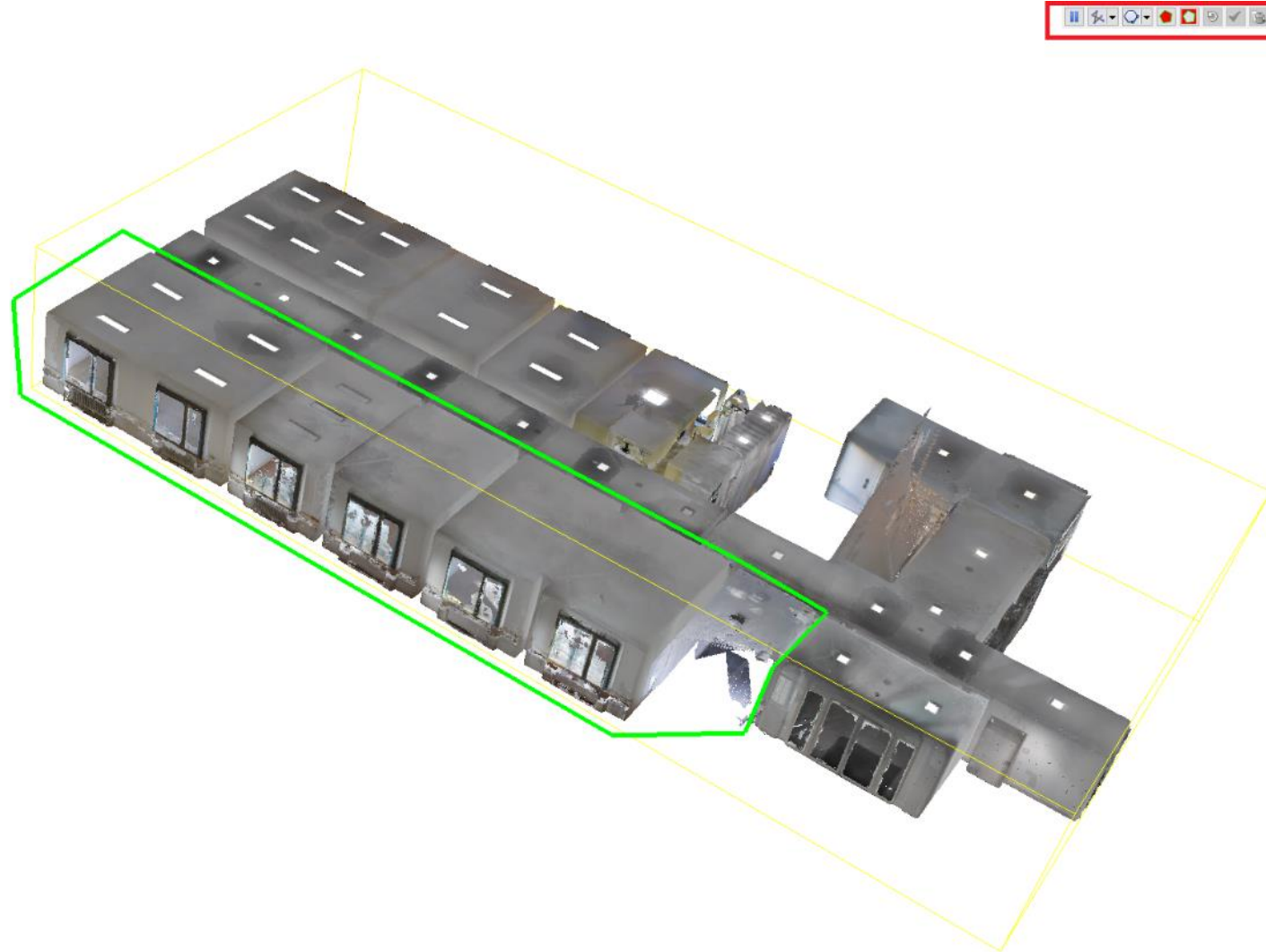
Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

1. Segmentation manuelle



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

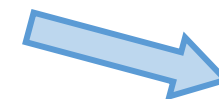
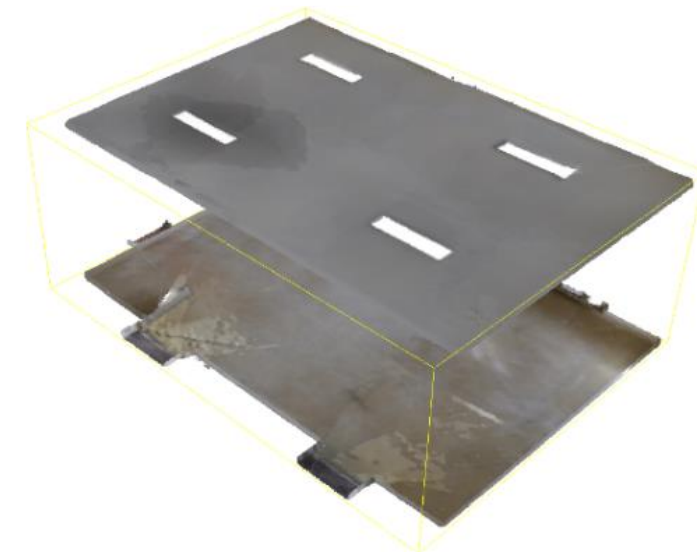
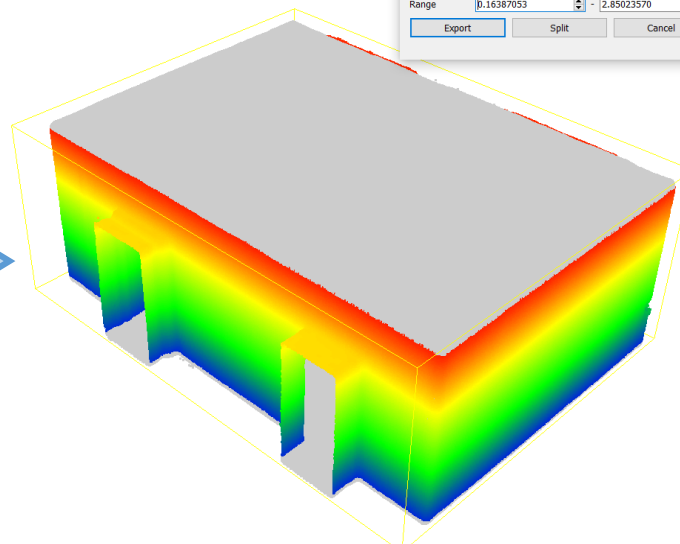
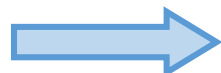
Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

2. Filtrage par valeur



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

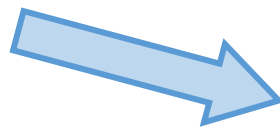
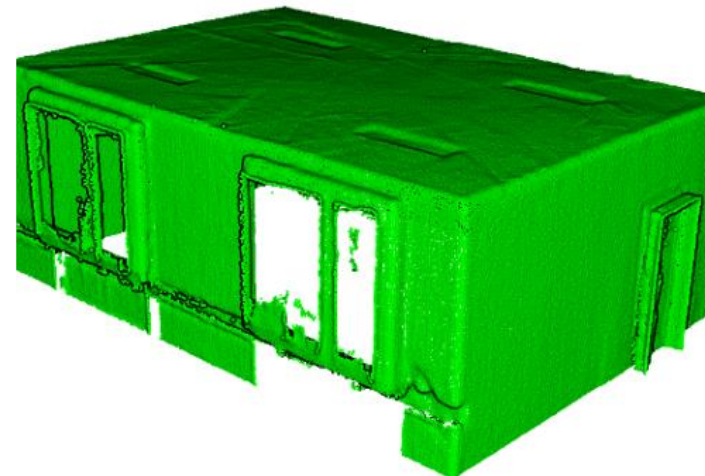
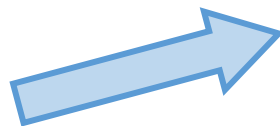
Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

3. Cloth Simulation Filter



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

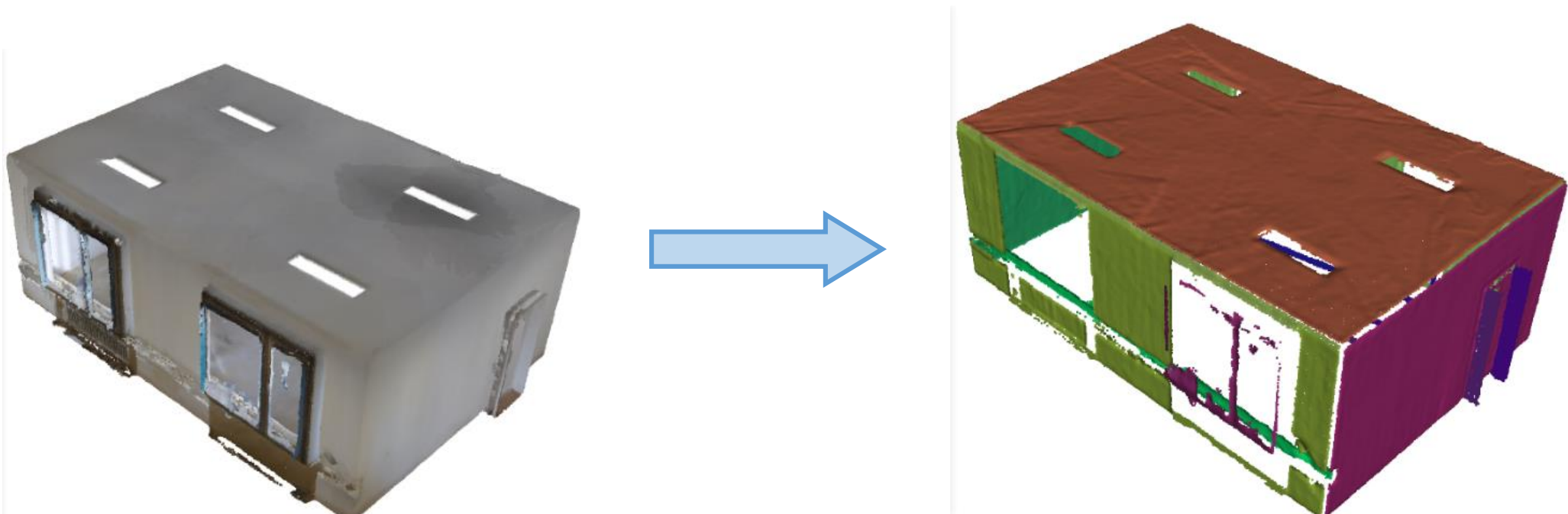
Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

4. RANSAC



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

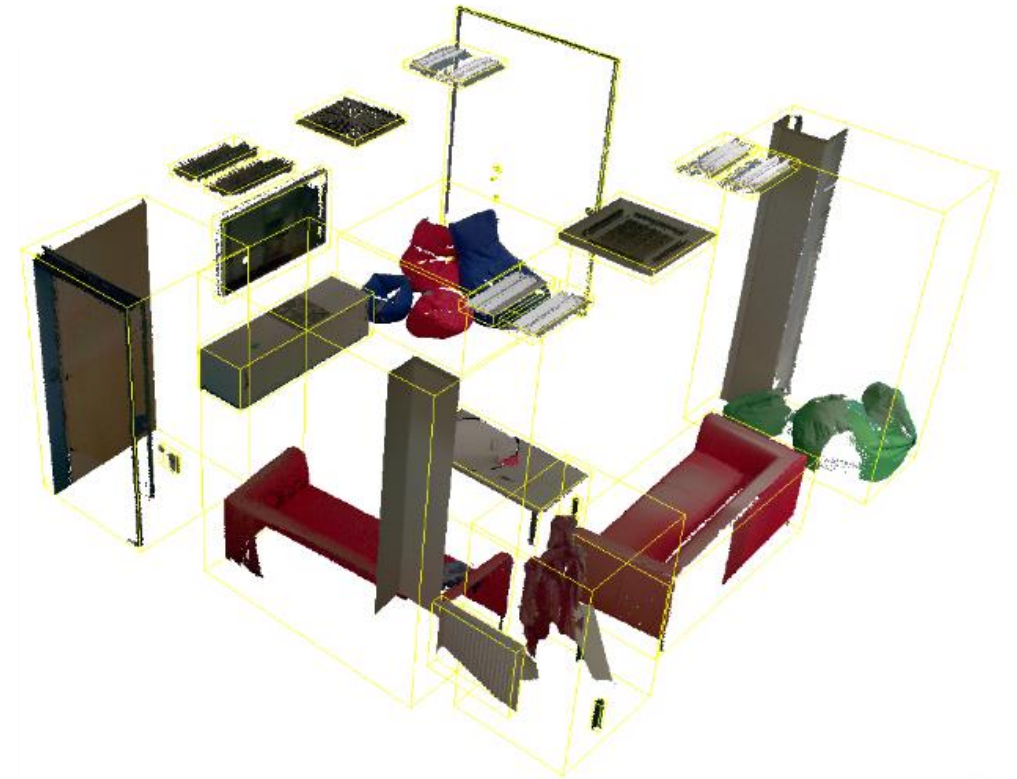
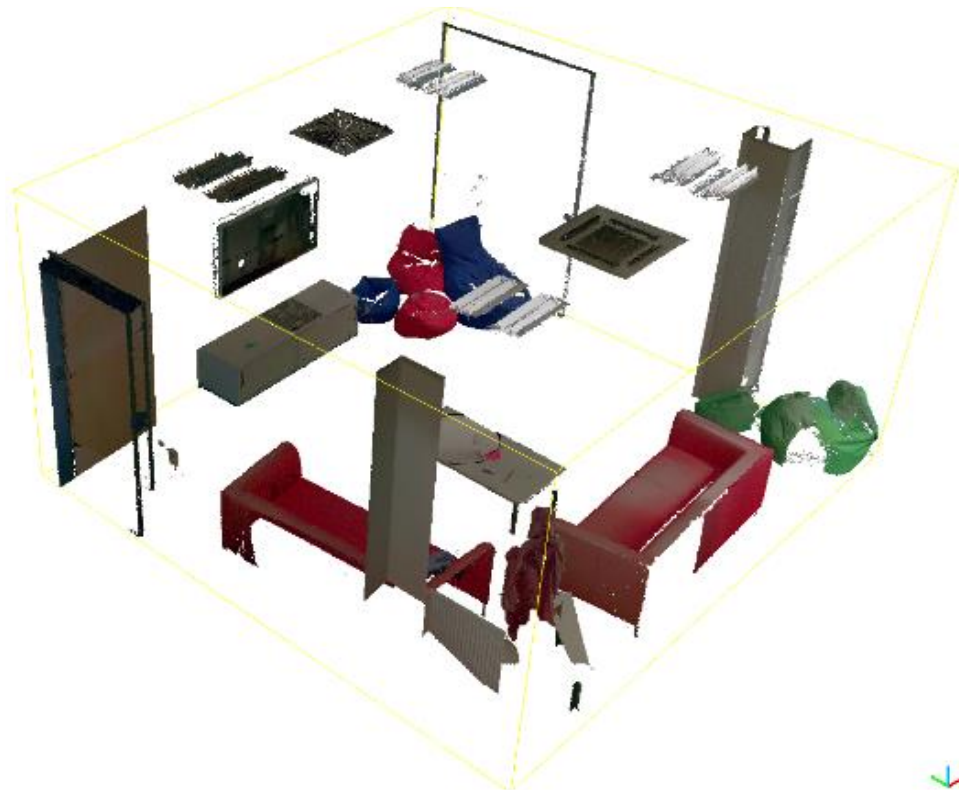
Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

5. Composantes connectées



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

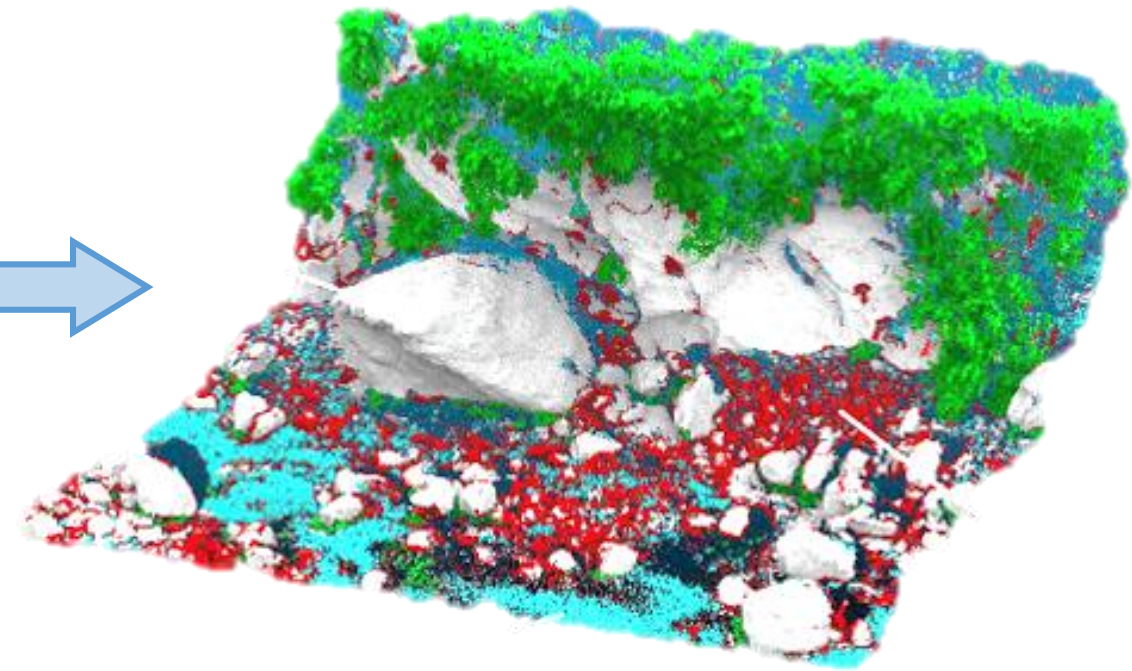
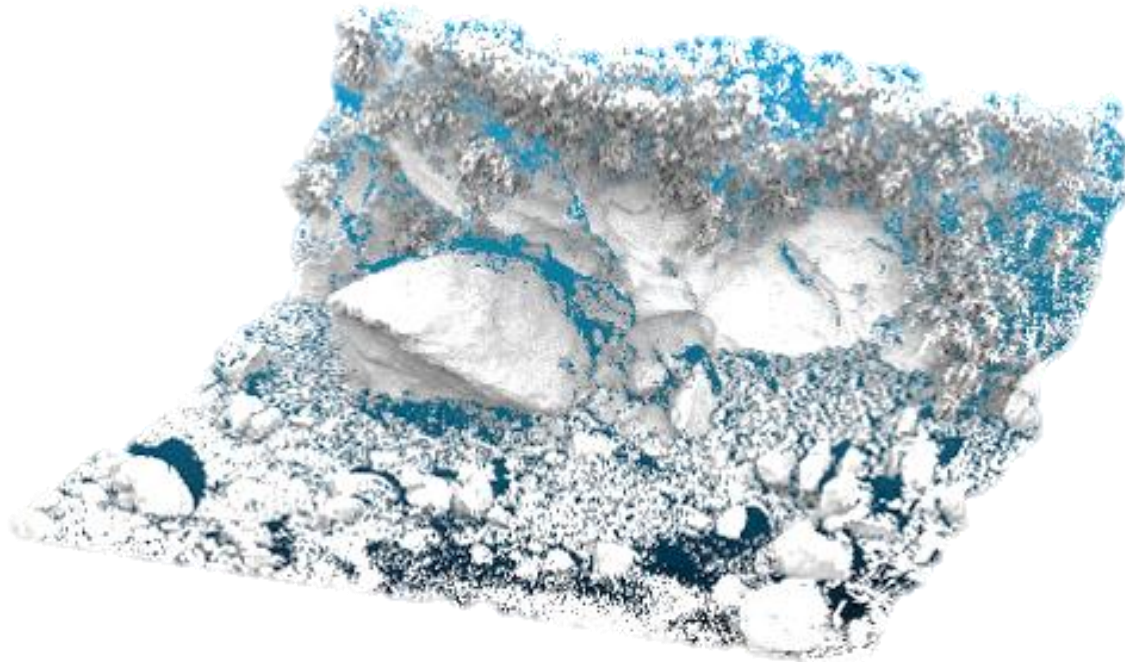
Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

6. CANUPO



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

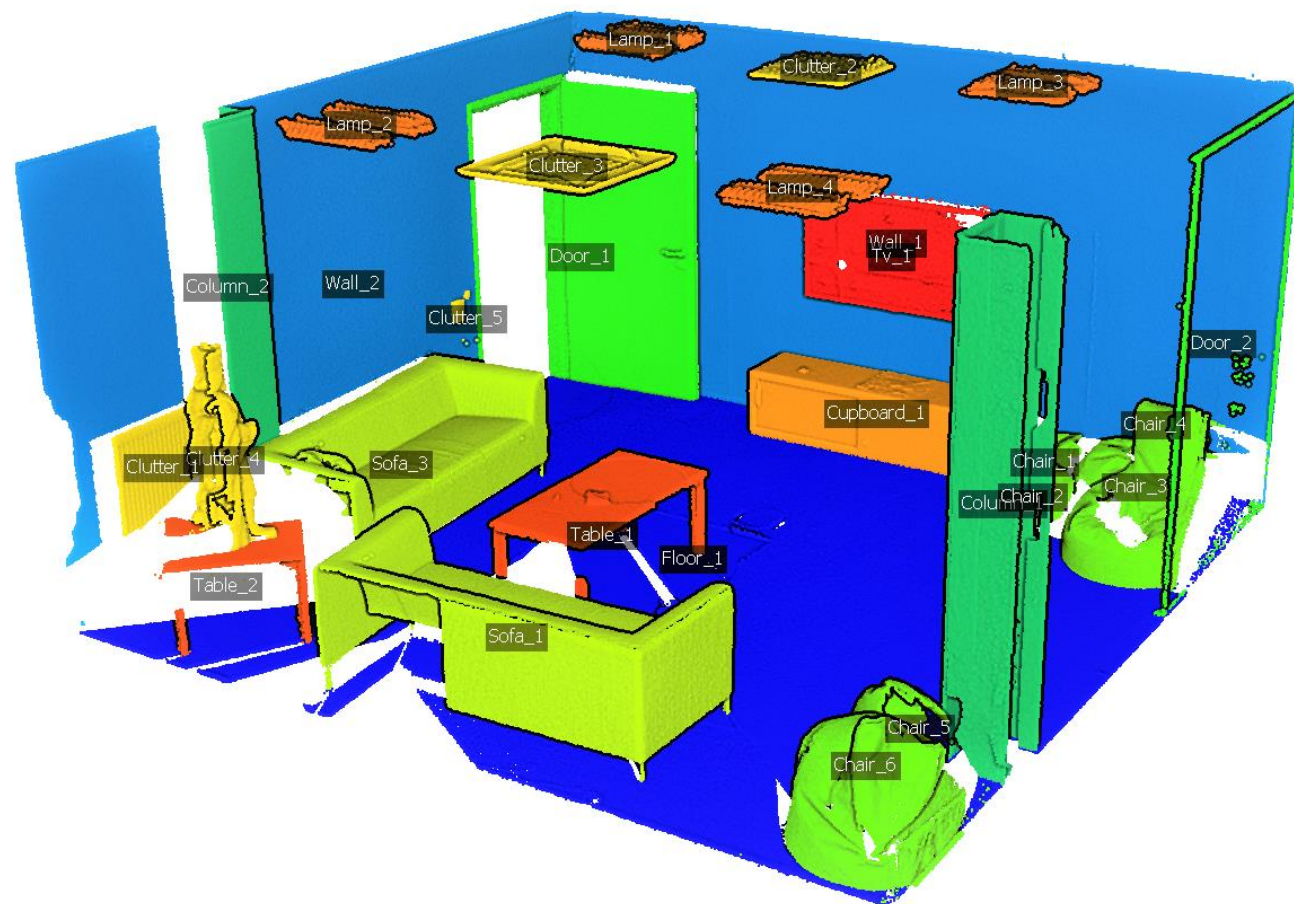
Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

Indoor		Outdoor	
0	Floor	30	road_Sign
1	Ceiling	31	advertisingBoard
2	Wall	32	banc
3	Beam	33	bicycle
4	Column	34	bicycleStation
5	Window	35	Building_facades
6	Door	36	busStation
7	Table	37	car
11	Board	41	Humans
...



➔ Format .LAS, ou bien .LAZ

Spécification format .LAS version 1.2

Exemple après classification

Objectif principal

Objectifs spécifiques

1

Acquisition et traitement

Acquisition de l'information 3D, et l'ajout de l'information de classification

2

• Structuration

Gestion des nuages de points massifs

3

Implémentation

Visualisation réaliste et optimisée en RV

4

Réflexion

Tests de performances

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

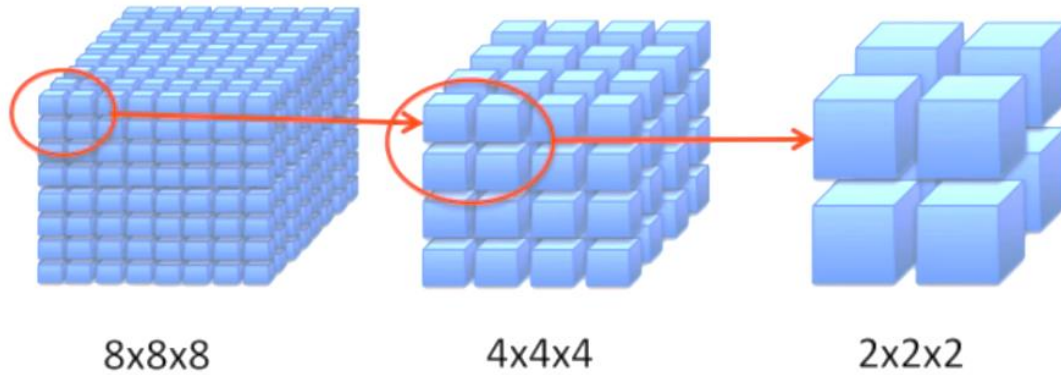
Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation



Potree.org

WebGL point cloud visualization

- Structure Hiérarchique multi-résolution;
- Input-format .txt, .ply, .las, .laz
- Output-format .bin, .las, .laz

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

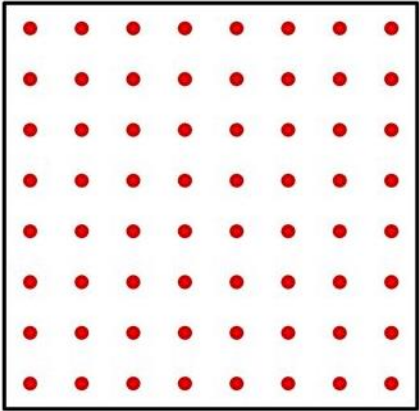
Segmentation

Classification

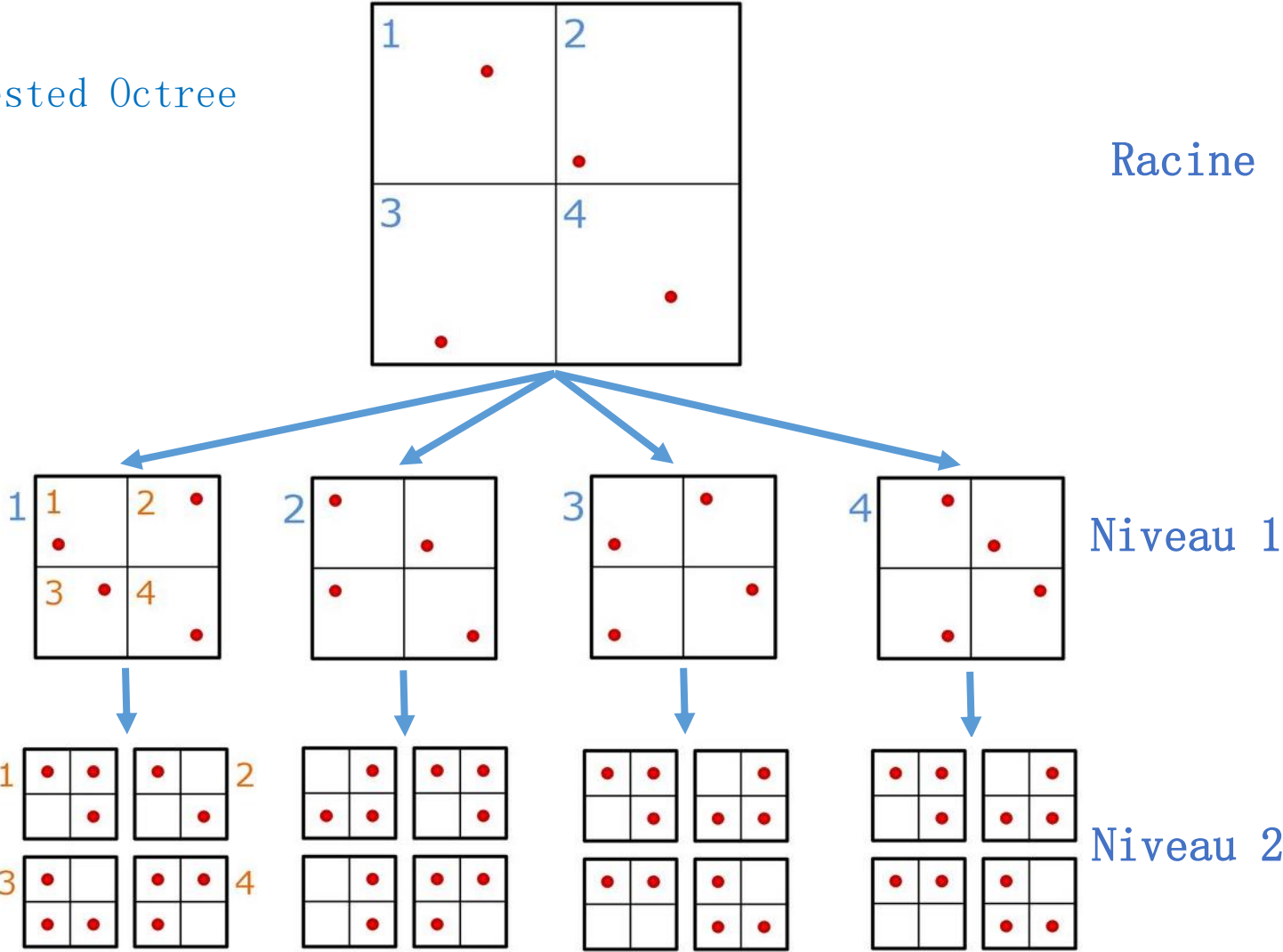
Structuration

Implémentation

Structure octree de Potree,
structure modifié du format Modifiable Nested Octree



Nuage de points brut



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

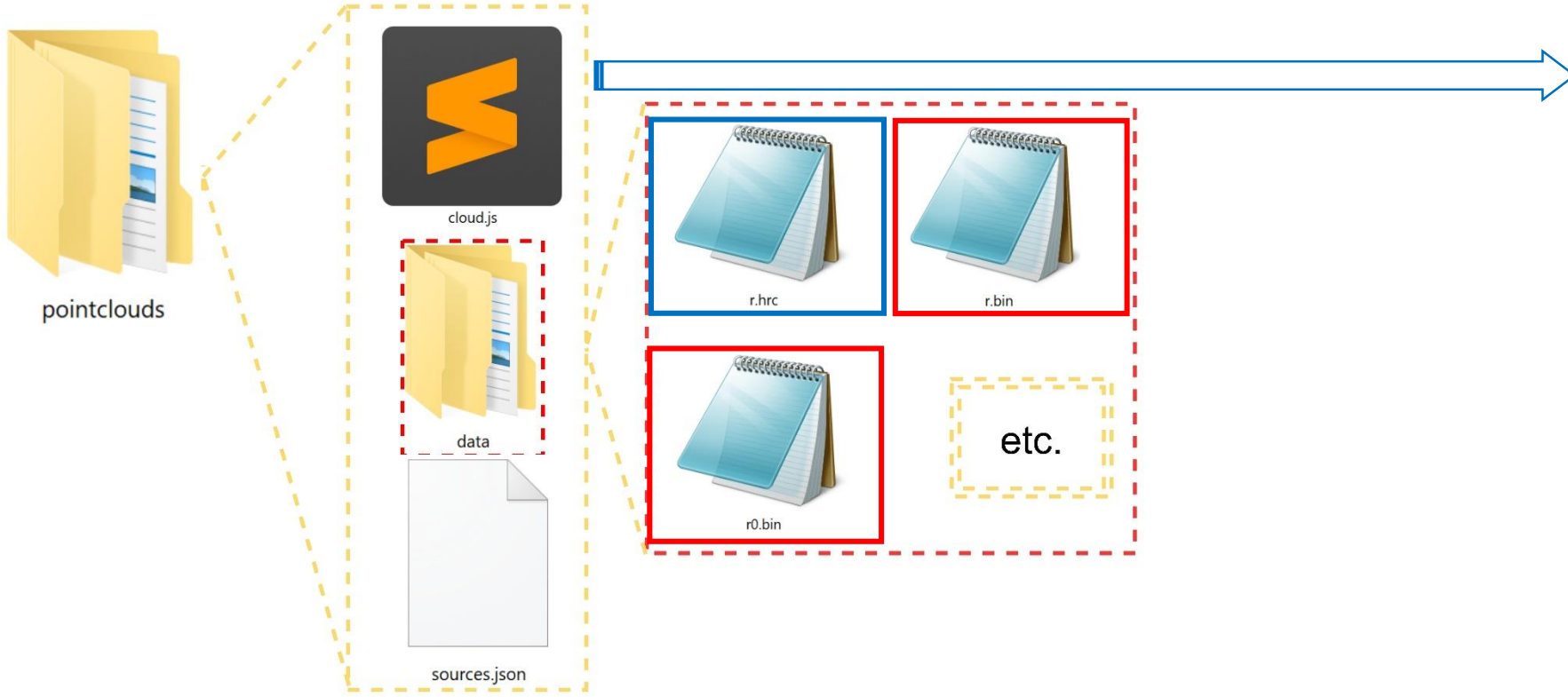
Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation



```
{
  "version": "1.7",
  "octreeDir": "data",
  "projection": "",
  "points": 2300247428,
  "boundingBox": {
    "lx": 17519.4609375,
    "ly": 41009.4296875,
    "lz": -19.180999755859376,
    "ux": 17783.58203125,
    "uy": 41273.55078125,
    "uz": 244.94009399414063
  },
  "tightBoundingBox": {
    "lx": 17519.461,
    "ly": 41009.43,
    "lz": -19.181,
    "ux": 17741.932,
    "uy": 41273.551,
    "uz": 43.726000000000009
  },
  "pointAttributes": [
    "POSITION_CARTESIAN",
    "COLOR_PACKED",
    "INTENSITY",
    "CLASSIFICATION"
  ],
  "spacing": 2.287355661392212,
  "scale": 0.001,
  "hierarchyStepSize": 5
}
```

Attribut	X	Y	Z	R	G	B	Alpha	Intensité	Classification
Taille en byte	4	4	4	1	1	1	1	2	1

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

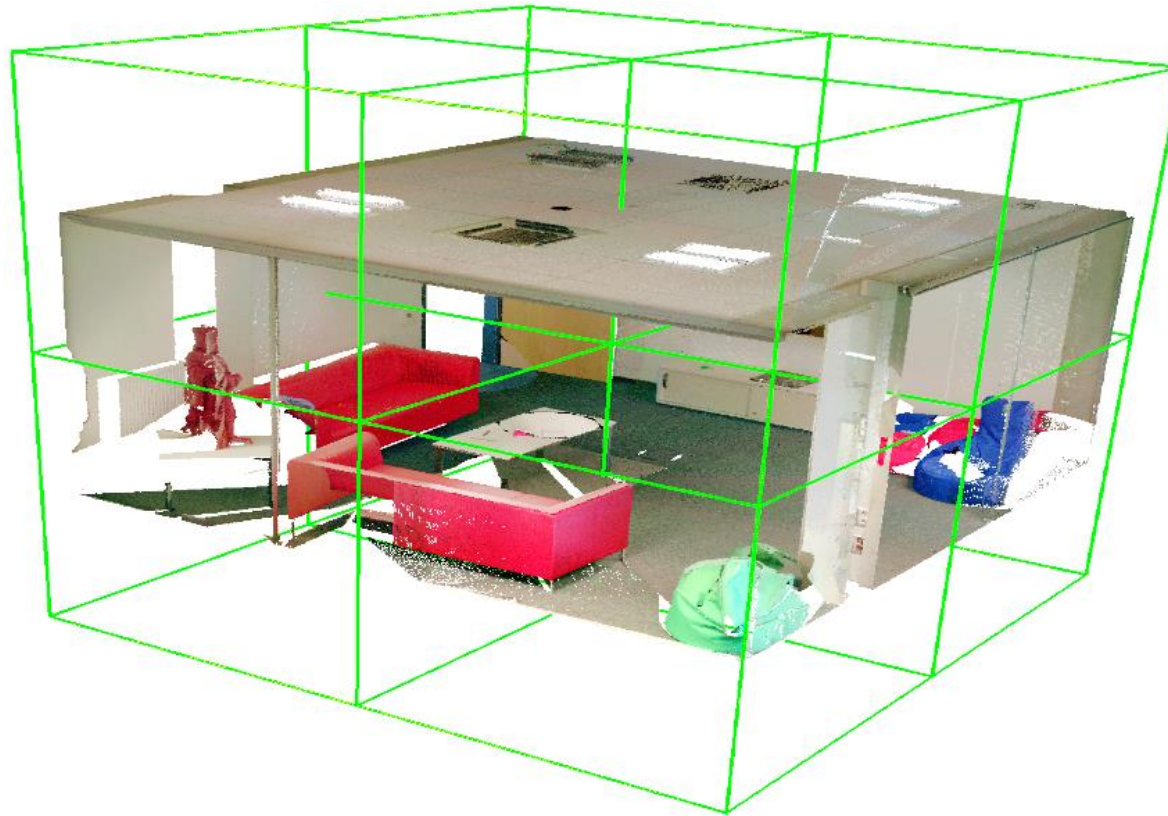
Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation



Objectif Principal

Objectifs spécifiques



Classification et intégration des nuages
de points 3D dans un environnement de
réalité virtuelle

Objectif principal

Objectifs spécifiques

1

Acquisition et traitement

Acquisition de l'information 3D, et l'ajout de l'information de classification

2

Structuration

Gestion des nuages de points massifs

3

● **Implémentation**

Visualisation réaliste et optimisée en RV

4

Réflexion

Tests de performances

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

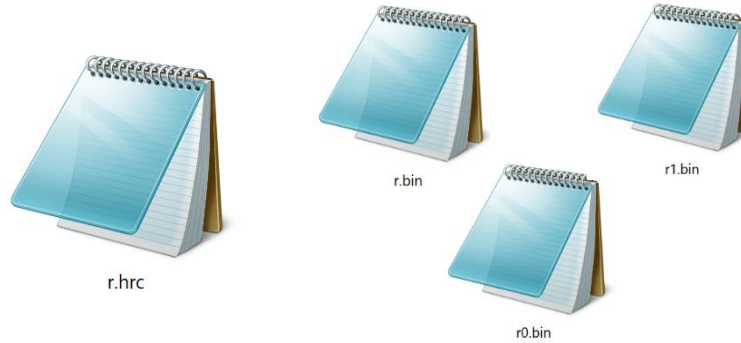
Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

Données d'entrée



$$\text{slope} = \tan\left(\frac{\text{fov}}{2}\right)$$

$$\text{projectedSize} = \frac{\text{screenHeight}}{2} * \frac{\text{radius}}{\text{slope} * \text{distance}}$$

$$\text{angle} = \cos^{-1}(\text{camToScreenCenter}.\text{camToNodeCenter})$$

$$\text{priority} = \frac{\text{projectedSize}}{|\text{angle}| + 1}$$

Algorithmes

Out-of-core

25 scripts

1. Thread principal

la fonction de mise à jour du rendu est appelée une fois par image, pour informer le thread de traversée des données actuelles de la caméra

2. Thread de traversée

Détermine quels nœuds doivent être visibles. Il traverse la structure Octree et remplit la file d'attente « *toDelete* » et la file d'attente « *toRender* », qui est ensuite transmise au thread principal.

3. Thread de chargement

Ce thread a pour rôle principal de charger les points dans la file d'attente ou de les supprimer de la file des nœuds à supprimer



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

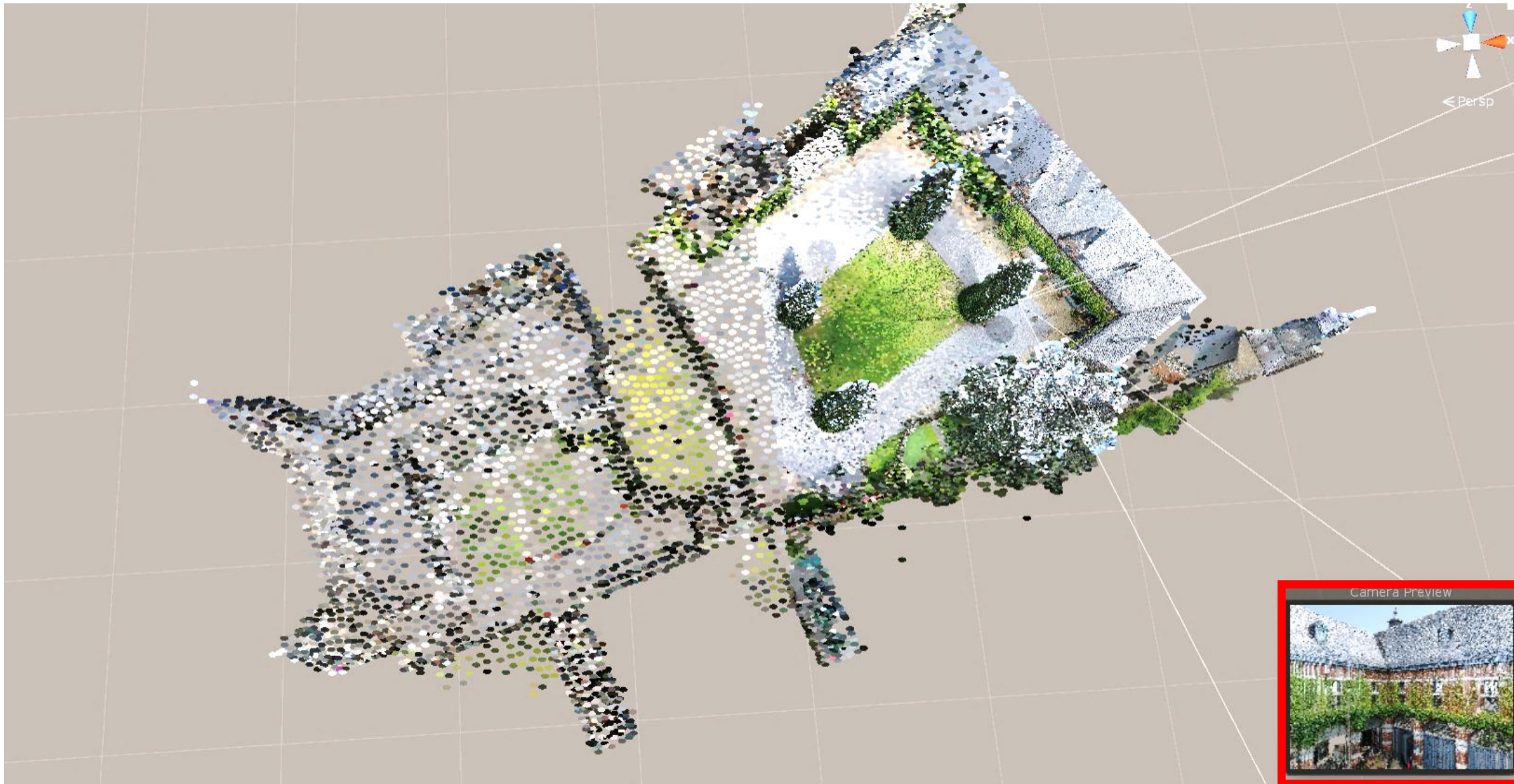
Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

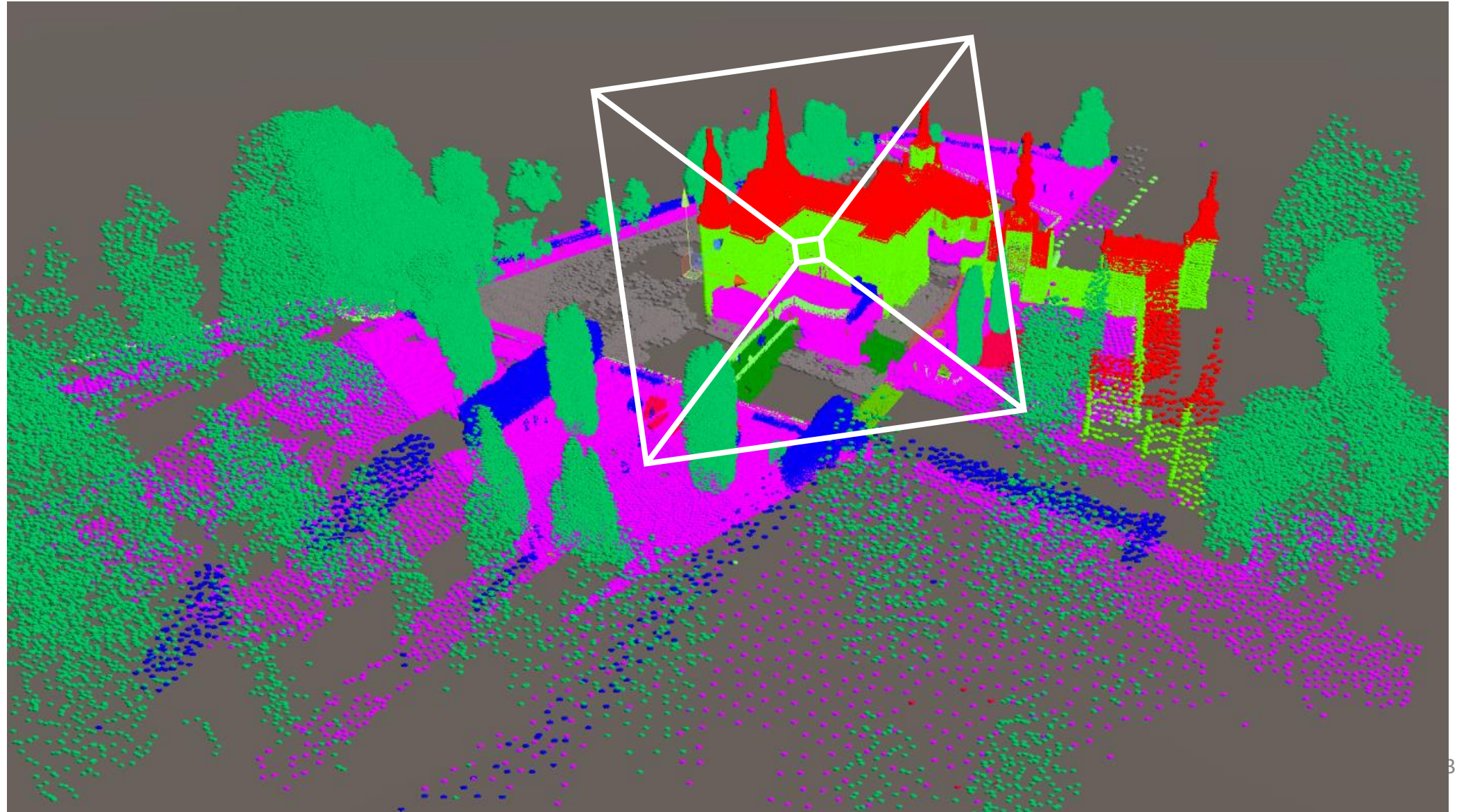
Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation



1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

Segmentation

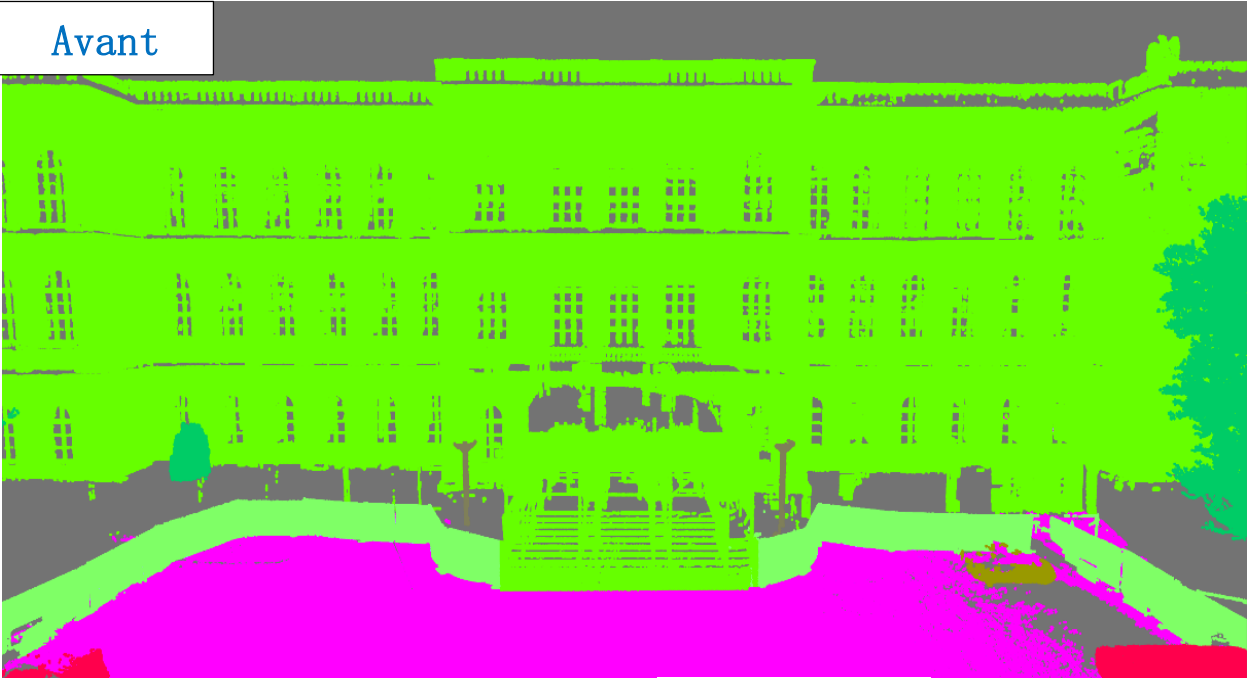
Classification

Structuration

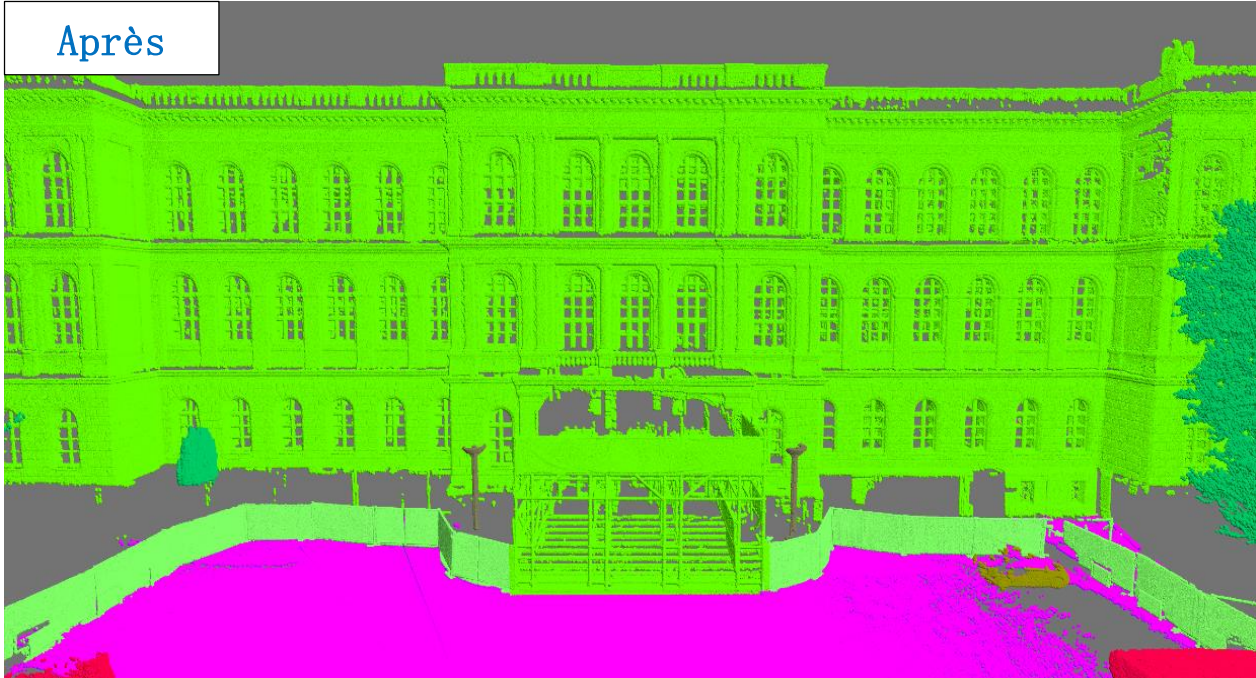
Implémentation

Amélioration de la qualité visuelle

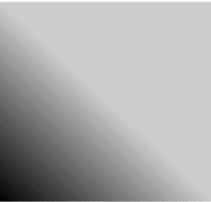
Avant



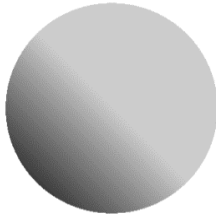
Après



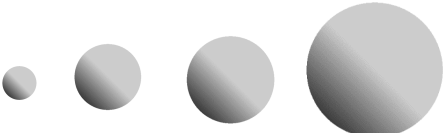
Shaders en Cg



Carré



Cercle



Taille variable

Interpolation

Cône

Paraboloïde

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

Avant

Après

Facilité d'interaction

1. Taille de point
2. Type de point
3. Type d'interpolation
4. Type d'attribut
5. Les classes à visualiser

Apparence :

Taille des points : 4.0 1

Type de point : Cercle 2

Cercle Carre

Interpolation : Paraboïde 3

Off

Paraboïde

Cone

Attribut : Classification 4

RGB

Classification

Intensité

Filtre de classification : 6

- Floor
- Ceiling
- Wall
- Beam
- Column
- Window
- Door
- Table
- Chair
- Bookcase
- Sofa
- Board 5
- Clutter
- OfficeForunit
- CupBoard
- Lamp
- OfficeTable
- BathSink
- BathSink
- Noise
- Extinguisher
- Sign
- TrashCan
- Backpack
- Poster
- Ladder
- Staircase
- Toilet
- Miroir
- Bathtub
- RoadSign
- AdvertsBoard
- Banc
- Bicycle
- BicycStation
- BuildFacade
- BusStation
- Car
- Fence
- FireHydrant
- LowVeget
- Humans
- Pole
- LightingPole
- ManMakeTerra
- Parasol
- Tree
- Truck
- Parking
- Ground
- Roof
- Bed
- LandryMachin

Interface utilisateur

1

2

3

4

Méthodologie suivie

5

6

Méthodologie générale

Acquisition

Prétraitement

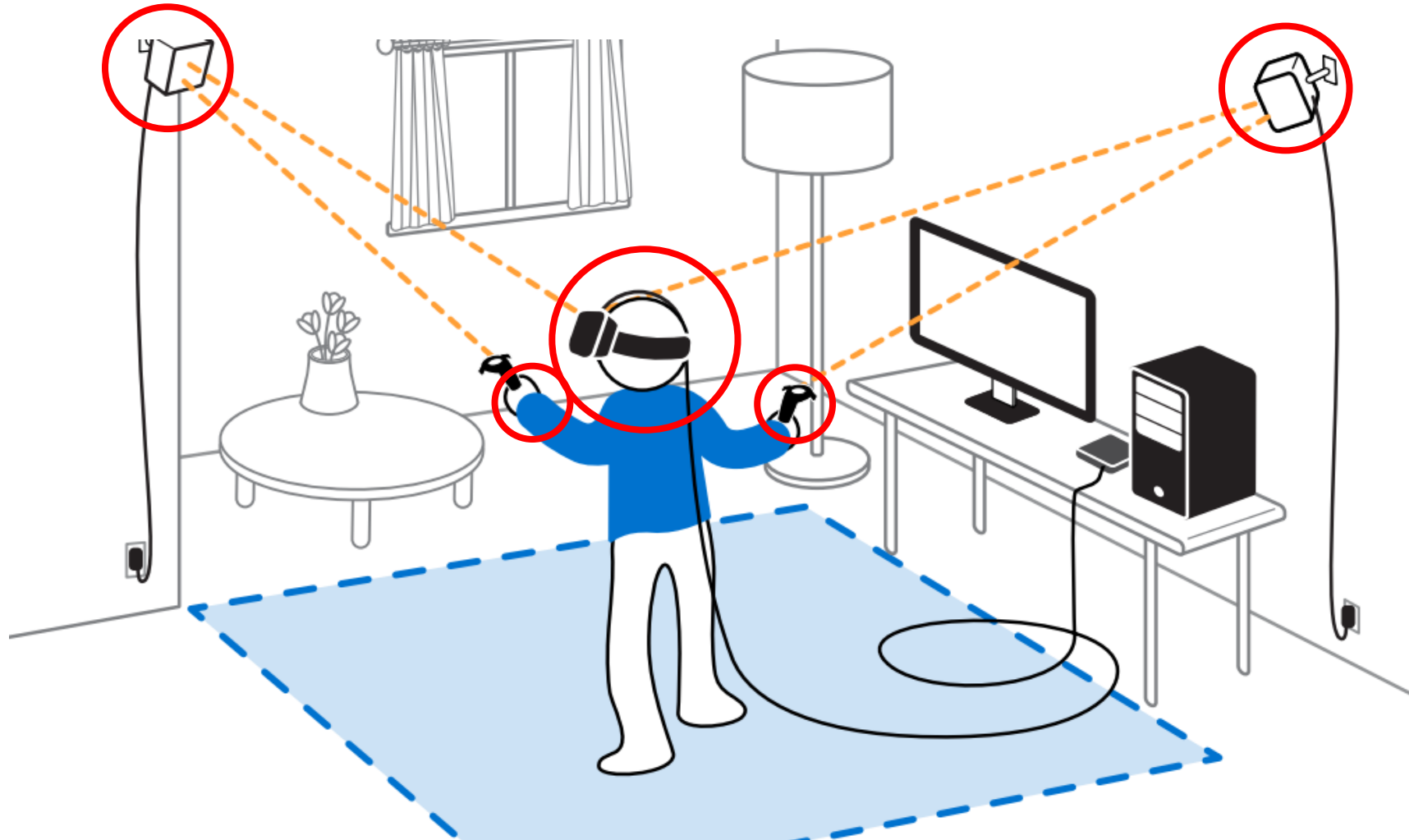
Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation

Immersion 3D en RV



Casque Oculus



2 Manettes



2 Capteurs IR

1

2

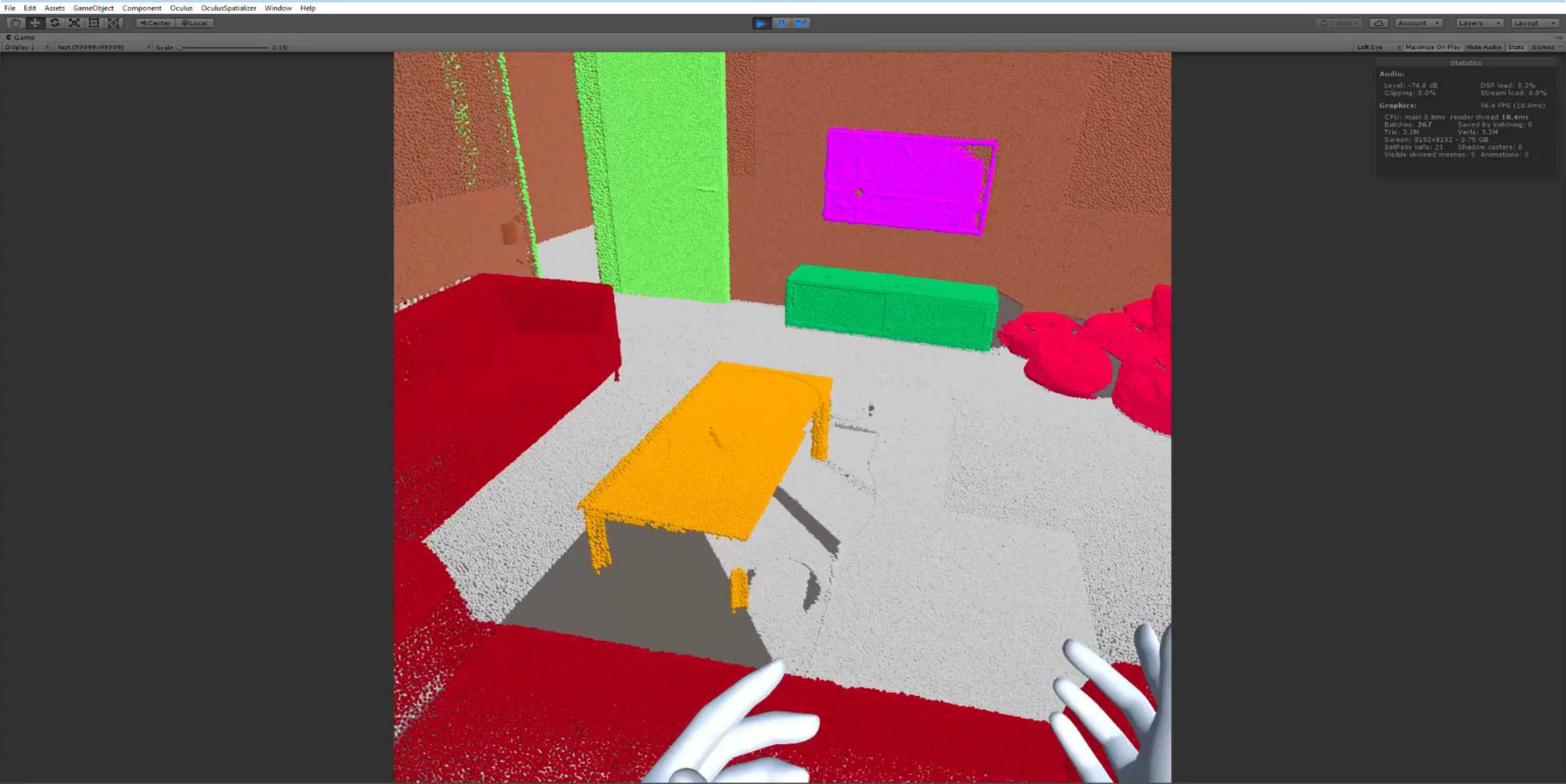
3

4

5

Résultats et analyse

6



1

2

3

4

5

Résultats et analyse

6

Méthodologie générale

Acquisition

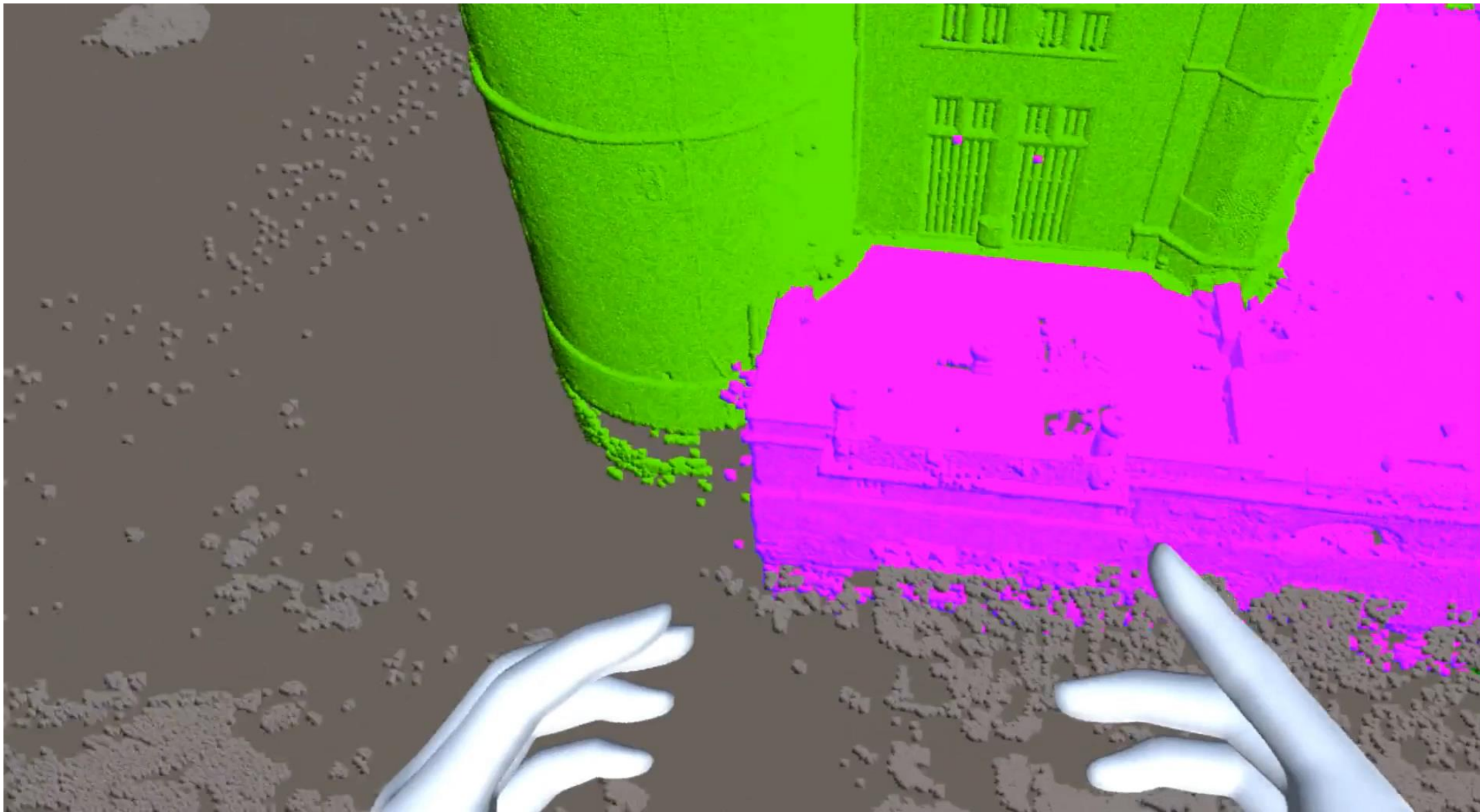
Prétraitement

Segmentation

Classification

Structuration

Implémentation



Objectif principal

Objectifs spécifiques

1

Acquisition et traitement

Acquisition de l'information 3D, et l'ajout de l'information de classification

2

Structuration

Gestion des nuages de points massifs

3

Implémentation

Visualisation réalistique et optimisée en RV

4

• Réflexion

Tests de performances

Environnement et tests

Processeur	Intel® Core™ i6-6800K CPU @ 3.40GHz 3.40 GHz
Carte graphique	NVIDIA GeForce GTX 1080
RAM	48.0 Go
Système d'exploitation	Windows 10 Pro, 64 bits

Paramètres à tester

FPS

Consommation en mémoire

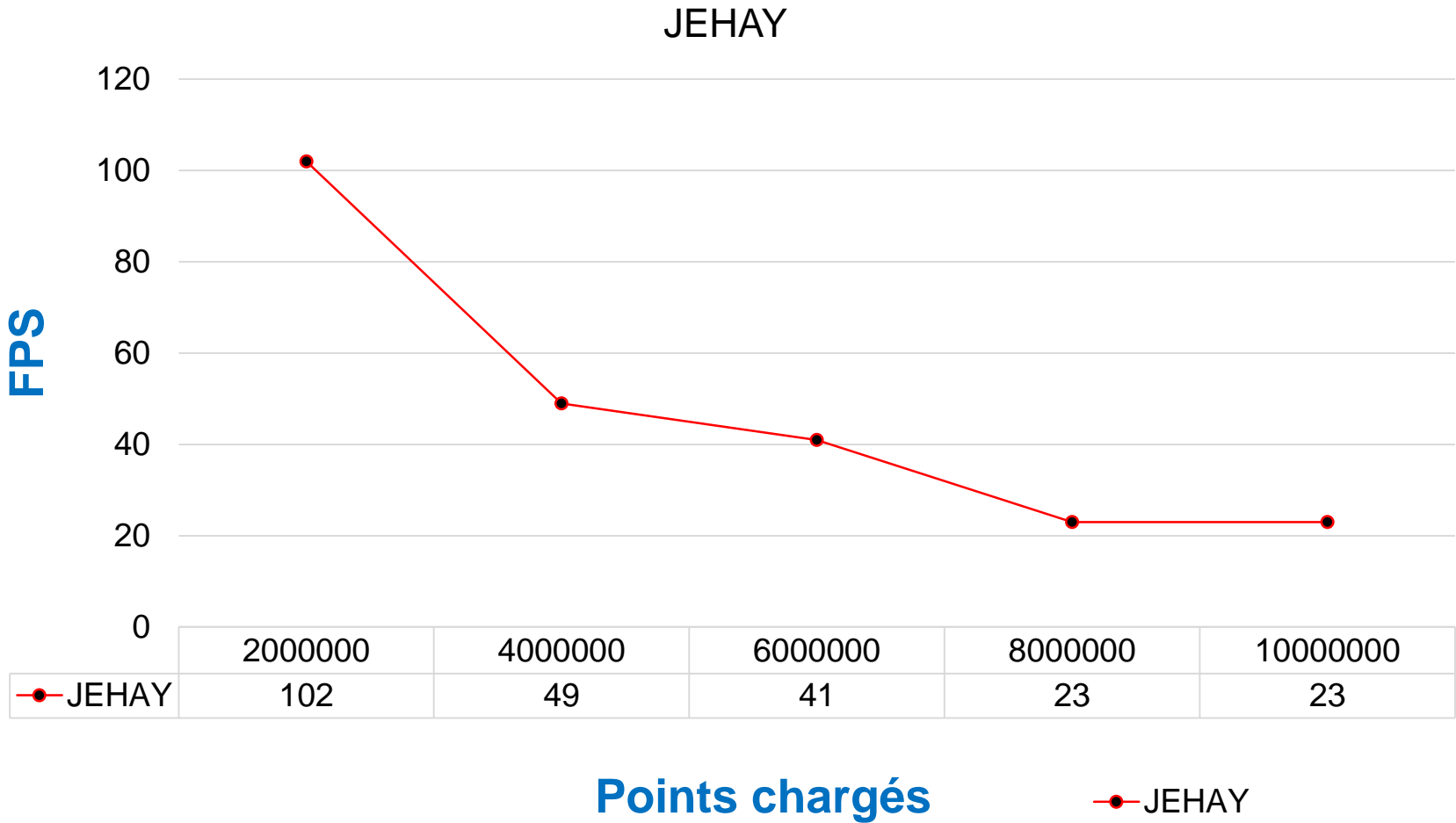
Paramètres qui influencent

Taille de points

Nombre de points chargés

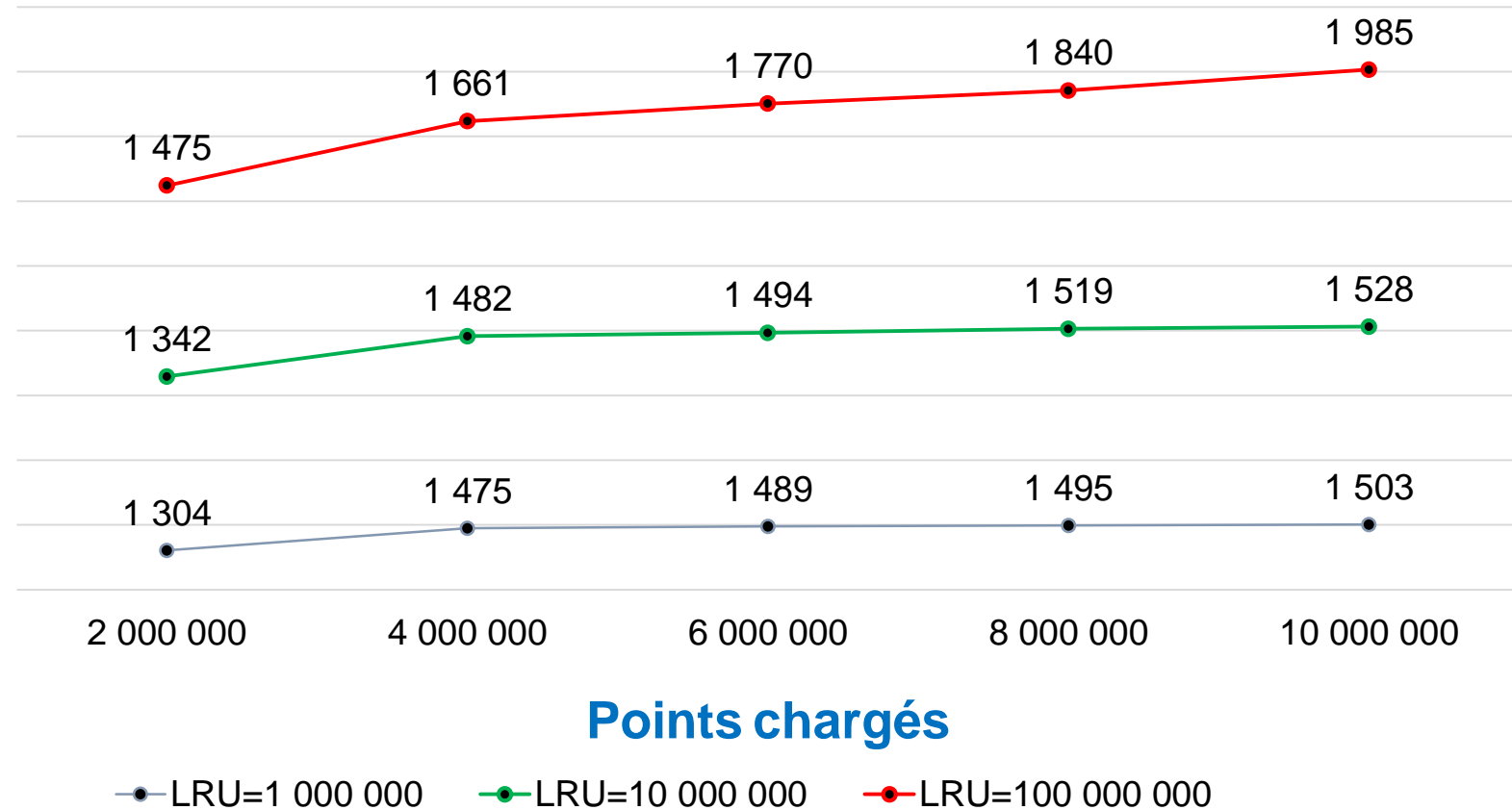
Nombre de points en cache

Type d'interpolation

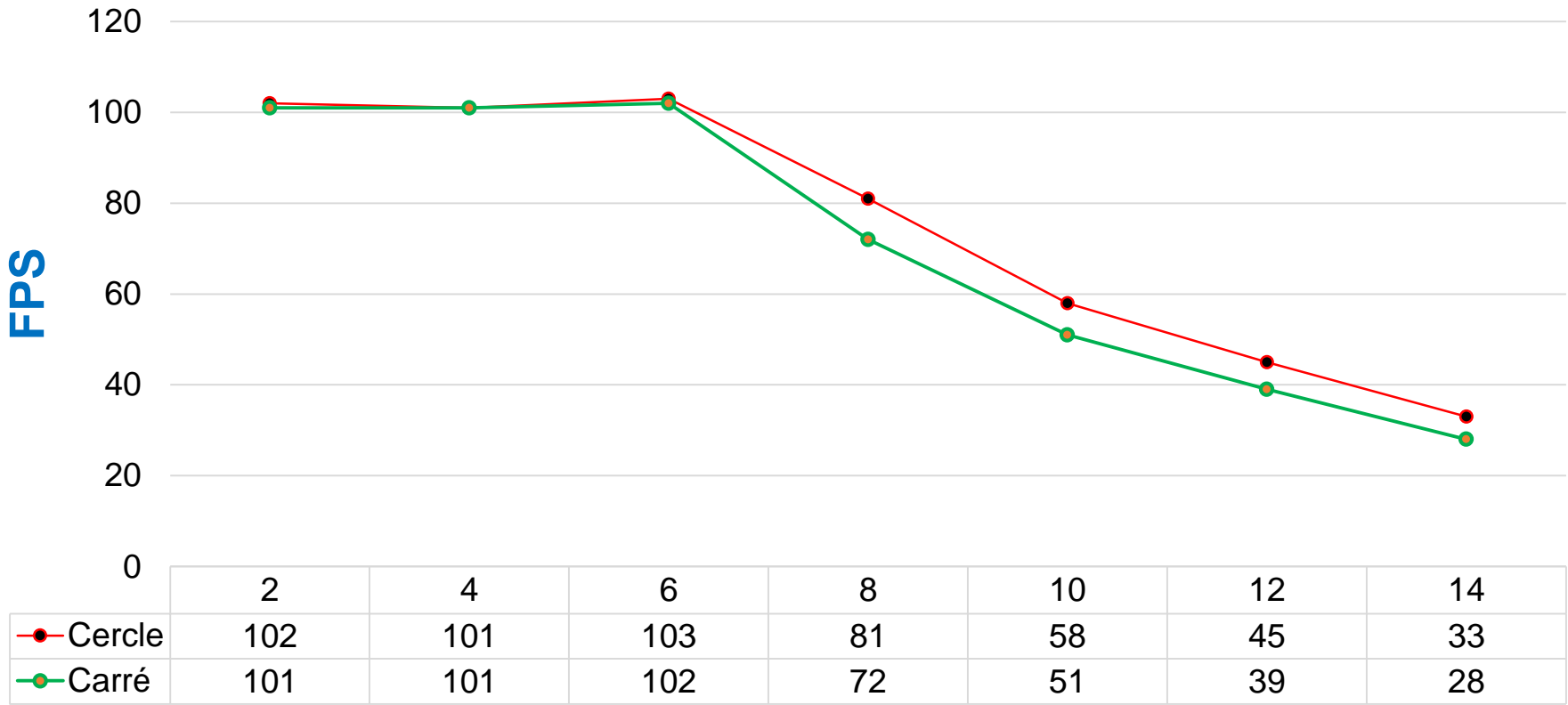


La variation du nombre FPS en fonction du nombre de points chargé sur scène, JEHAY avec 2.3 Milliards.

Consommation de mémoire en Mo



Variation de la consommation de la mémoire(en Mo) en fonction de la taille du nuage de point chargé et la cache LRU, JEHAY



Taille du point en pixel

● Cercle ● Carré

Influence de la variation de la taille du point sur le FPS, Jehay avec un budget de 2Million, interpolation=paraboloïde, LRU=2M

1

2

3

4

5

Résultats et analyse

6

[akharroubi / Point-clouds-classification-and-integration-in-VR-environment](#)

Unwatch 1

★ Star 0

Fork 0

[Code](#) [Issues 0](#) [Pull requests 0](#) [Projects 0](#) [Wiki](#) [Security](#) [Insights](#) [Settings](#)

Ce projet est développé dans le cadre de mon travail de fin d'étude à l'université de Liège, unité de géomatique pour l'obtention de diplôme d'ingénieur en sciences géomatiques et ingénierie topographique à l'institut agronomique et vétérinaire Hassan 2. il consiste à la classification des nuages de points massifs pour l'ajout de l'information s...

[Edit](#)[Manage topics](#)


1 commit

1 branch

0 releases

1 contributor

Branch: master

[New pull request](#)[Create new file](#)[Upload files](#)[Find File](#)[Clone or download](#) akharroubi Initial commit

Latest commit 17a1326 on 12 Aug

[README.md](#)

Initial commit

last month

[README.md](#)

Point-clouds-classification-and-integration-in-VR-environment

Ce projet est développé dans le cadre de mon travail de fin d'étude à l'université de Liège, unité de géomatique pour l'obtention de diplôme d'ingénieur en sciences géomatiques et ingénierie topographique à l'institut agronomique et vétérinaire Hassan 2. il consiste à la classification des nuages de points massifs pour l'ajout de l'information sémantique, et l'intégration dans un environnement de réalité virtuelle à l'aide de l'oculus Rift.

* Scripts en C#

* Shaders en Cg

* Rapport explicatif

* Tutoriel d'usage

1

2

3

4

5

6

Discussion et perspectives

Segmentation/Classification ardue et chronophage

Structure de donnée efficace en visualisation(3Milliards)

Haute performance en FPS et consommation de RAM

Nuages de points directement exploitable

Qualité visuelle et interaction en RV

1

2

3

4

5

6

Discussion et perspectives

Création d' une double indexation

Méthode de rendu en CLOD

Amélioration de cette structure pour l' édition/traitement

Tests avec des expériences utilisateurs



Institut Agronomique et vétérinaire Hassan II



**Projet de Fin d'Etudes présenté pour l'obtention du
diplôme d'Ingénieur d'état en Topographie**

**CLASSIFICATION ET INTEGRATION DE NUAGES DE POINTS
3D DANS UN ENVIRONNEMENT DE REALITE VIRTUELLE**

Présenté et soutenu publiquement par:

KHARROUBI Abderrazzaq

Devant le jury

Pr. T.TACHALAIT	Président	IAV HASSAN II
Pr. R.HAJJI	Rapporteur	IAV HASSAN II
Pr. R.Billen	Rapporteur	Université de Liège
Pr. K.AIT EL KADI	Examinatrice	IAV HASSAN II
Pr. A.TAMTAOUI	Examineur	INPT

19 Septembre 2019

Les algorithmes de mémoire externe ou les algorithmes hors cœur sont des algorithmes conçus pour traiter des données trop volumineuses pour tenir en une seule fois dans la mémoire principale d'un ordinateur. Ces algorithmes doivent être optimisés pour extraire et accéder efficacement aux données stockées dans une mémoire de masse lente (mémoire auxiliaire) telle que des disques durs ou des lecteurs de bande, ou lorsque la mémoire est sur un réseau informatique.