

The background of the slide is a 3D point cloud visualization of a city scene, likely a bridge or industrial structure. The points are colored based on semantic segmentation, with different colors representing different classes or materials. The colors include yellow, green, blue, and purple. The point cloud is dense and shows the complex geometry of the structure.

**ISEN**

ALL IS DIGITAL!

**BREST**

yncréa 

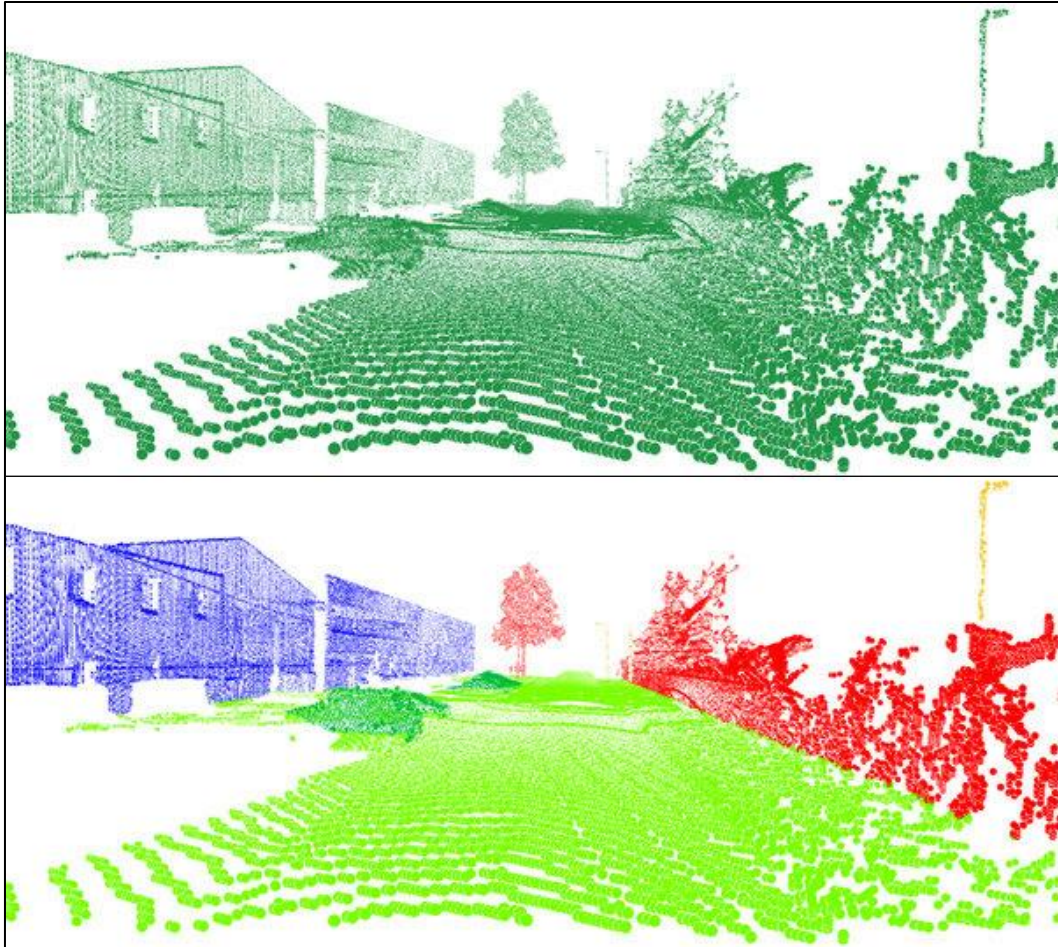
# Traitement des nuages de points par Segmentation sémantique

Présentation projet chef d'oeuvre

Par Maïna LE DEM  
le 22/10/2023

# Introduction

Projet de recherches réalisé au sein du laboratoire du L@bISEN dans le cadre de mon alternance d'un an, portant sur les méthodes de traitement de nuages de points.



## ❖ Existant :

- Les nuages de points sont des données volumineuses et complexes.
- Un nuage peut contenir des millions de points
- Ils sont générés par : LiDAR ou Caméras
- Algorithmes prometteurs

## ❖ Objectif :

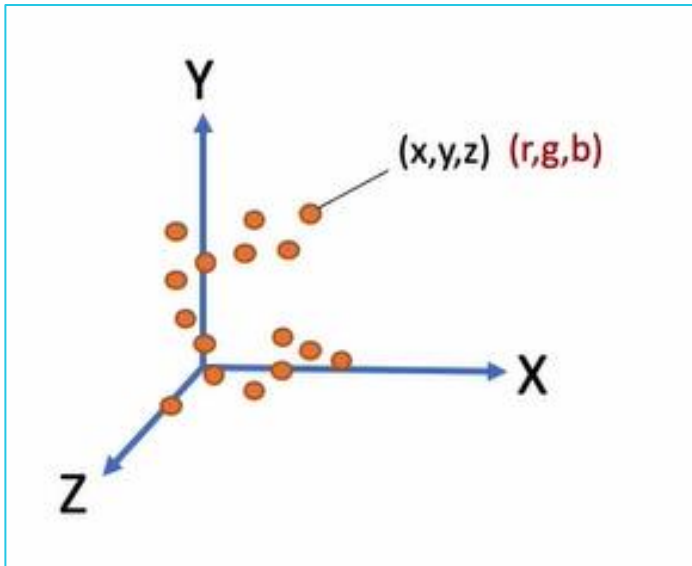
- Diviser les nuages de points en groupes ou segments qui correspondent à des objets spécifiques, tels que des routes, de la végétation, des voitures ou des bâtiments
- Extraire les informations des nuages de points pour la Modélisation 3D, la navigation de véhicule autonome, ...
- Développer une application pour extraire les motifs



# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Description d'un nuage de points

Un nuage de points est une représentation numérique 3D, caractérisée par les coordonnées  $(x, y, z)$  des points, les informations de couleurs  $(r, g, b)$  et/ou d'intensité.



# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Base de données utilisée : SemanticKITTI

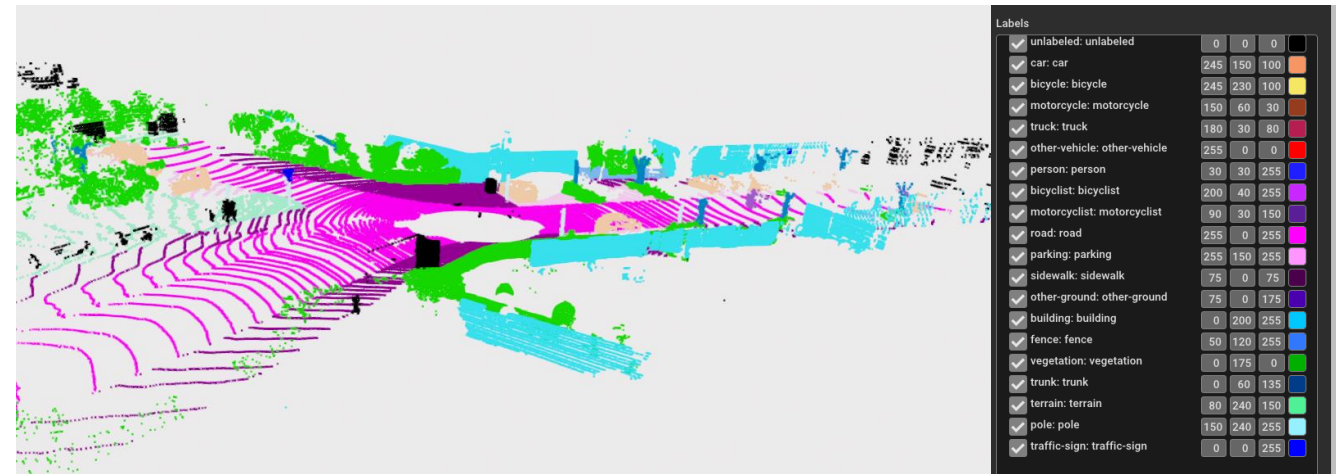
Le L@BISEN ne dispose pas de données.

L'utilisation du dataset libre de droit SemanticKITTI permet de bénéficier d'un large ensemble d'exemples étiquetés pour l'apprentissage du modèle de segmentation sémantique.

Il se compose ainsi :

```
/dir/SemanticKITTI
├── dataset
│   └── sequences
│       ├── 00
│       │   ├── image_2
│       │   │   ├── 000000.png
│       │   │   ├── 000001.png
│       │   │   └── ...
│       │   ├── labels
│       │   │   ├── 000000.label
│       │   │   ├── 000001.label
│       │   │   └── ...
│       │   ├── velodyne
│       │   │   ├── 000000.bin
│       │   │   ├── 000001.bin
│       │   │   └── ...
│       │   └── calib.txt
│       ├── ...
│       └── 21
│           ├── ...
│           └── ...
```

➤ Nuage de points ( $\pm 120\,000$  points,  $\pm 50\text{m}$ ) + Etiquettes



➤ Image



# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Description du dataset SemanticKITTI

- Découpage du jeu

<b>Train</b> <i>(Séquences 00, 01, 03, 04, 05, 06, 07, 09, 10)</i>	<b>Validation</b> <i>(Séquence 08)</i>	<b>Test</b> <i>(Séquence 02)</i>	<b>Total</b> <i>(Séquences 00 à 10)</i>
14469	4071	4661	23201
62,4%	17,5%	20,1%	100,0%

- Traitement :
  - Suppression des outliers
  - Data augmentation 3D
  - Projection des points sur l'image
  - Data augmentation 2D

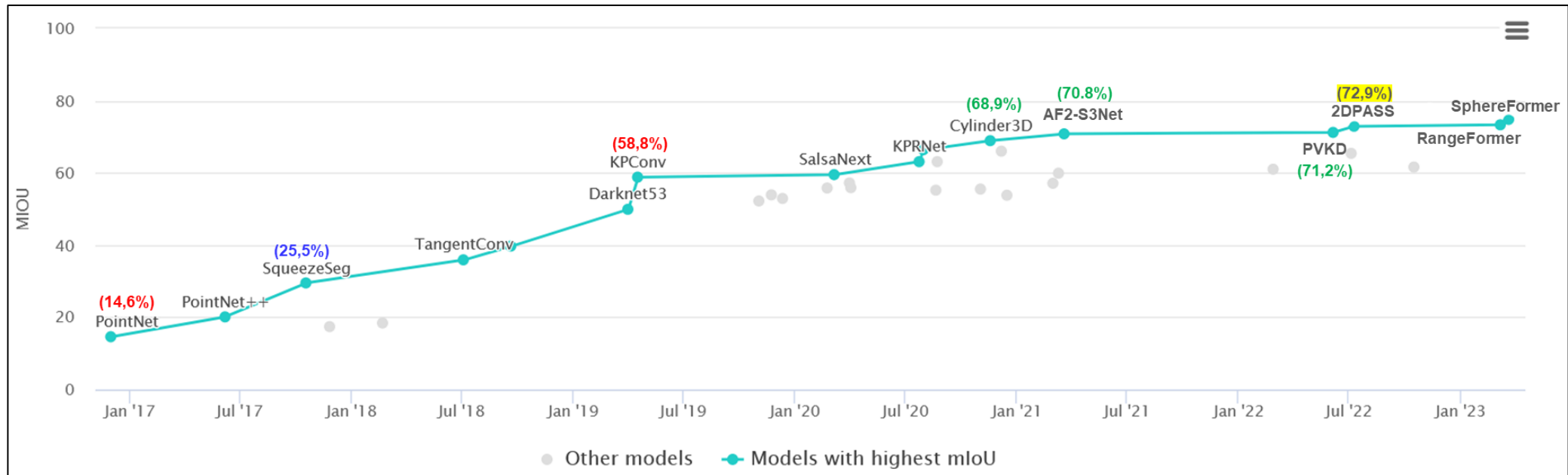
# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Architectures de Segmentation Sémantiques sur SemanticKITTI

Évolution des performances des algorithmes développés sur le benchmark de SemanticKITTI.

Elles sont basées :

- sur les points, comme PointNet couramment utilisé
- sur la projection
- sur les voxels
- sur la Fusion multimodale avec antériorité 2D

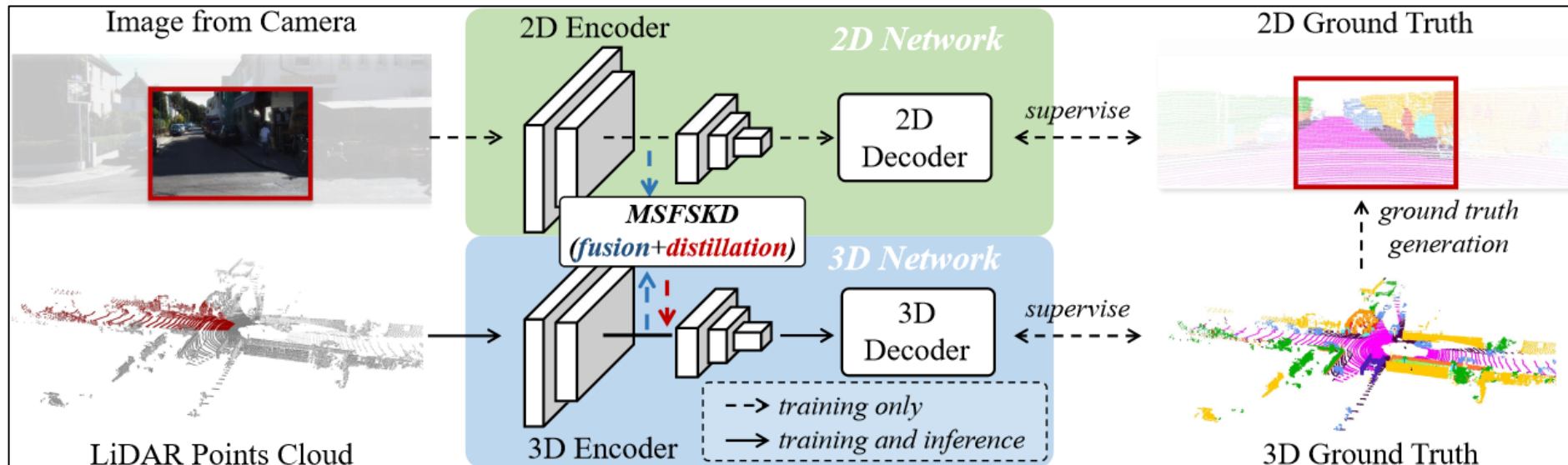


# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Architecture de la méthode utilisée : 2DPASS (juillet 2022)

### 1) L'entraînement du modèle d'IA est réalisé en multicouche :

1. Il apprend avec des exemples de nuages de points (3D), par la **convolution 3D (SPVCNN)**
2. En parallèle, il apprend avec des exemples d'images (2D), par des **encodeurs 2D CNN (Resnet34)**
3. Enfin il améliore le modèle 3D obtenu en le comparant avec le modèle 2D, par une **fusion multimodale (MSFSKD)**



### 2) La prédiction : le traitement d'un (nouveau) nuage de points est réalisé uniquement avec la **convolution 3D (SPVCNN)**



# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Choix du meilleur modèle entraîné (hyperparamètres)

Résultats de l'intersection moyenne (mIoU) des entraînements

hyperparamètres	hyp. base	hyp. 01	hyp. base + SWA	hyp. base baseline only
Val Best epoch IoU / classe	60	19	64	58
Best val miou	65.140%	64.338%	63.629%	58.289%

4 à 5 jours sur 2 GPU 12Go

## Evaluation des modèles

Résultats de l'évaluation mIoU sur le jeu de test (4661 éléments)

modèles	hyp. base			hyp. 01	hyp. base + SWA	hyp. base baseline only
Val Bach IoU / classe	12	6	1	12	12	12
test/acc	89.77%	89.67%	88.52%	89.37%	89.37%	88.56%
test/best_miou	54.57%	54.35%	51.86%	53.27%	53.27%	50.15%
test/mIoU	54.57%	54.35%	51.86%	53.27%	53.27%	50.15%
Time testing	01:07:46	0:35:45	0:09:32	01:07:03	01:05:31	01:06:08



# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Evaluation sur l'architecture de prédiction

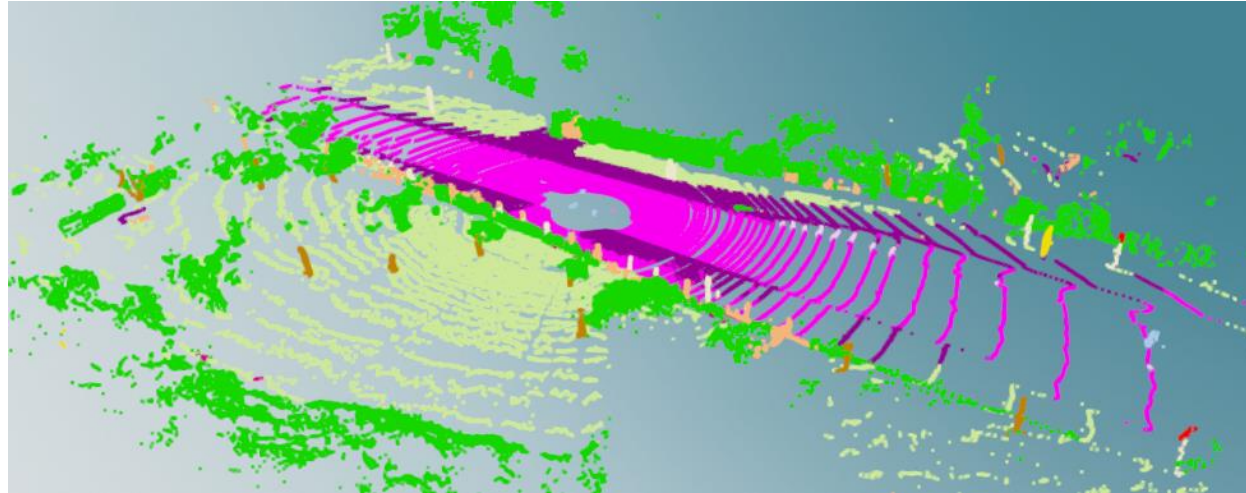
- Résultats des métriques via  
les matrices de confusions :  
(jeu test 4661 nuages,  
soit 585 548 199 points) :

Num_vote	batch 12 (prédiction avec les images)			batch 12			batch 6		
métriques	precision	recall	f1	precision	recall	f1	precision	recall	f1
unlabeled	50,612%	97,225%	66,570%	50,612%	97,225%	66,570%	50,612%	97,225%	66,570%
car	98,430%	94,999%	96,684%	98,421%	94,978%	96,669%	98,462%	94,961%	96,680%
bicycle	70,848%	53,739%	61,118%	70,394%	51,965%	59,792%	70,543%	50,129%	58,609%
motorcycle	94,646%	65,436%	77,376%	95,029%	65,954%	77,866%	94,734%	63,601%	76,107%
truck	0,000%	0,000%	0,000%		0,000%		0,000%	0,000%	0,000%
other-vehicle	42,176%	74,179%	53,777%	42,125%	75,518%	54,082%	42,121%	70,357%	52,695%
person	75,172%	73,186%	74,166%	75,859%	72,600%	74,194%	75,105%	71,900%	73,468%
bicyclist	3,509%	0,002%	0,004%	3,509%	0,002%	0,004%	3,509%	0,002%	0,004%
motorcyclist	0,000%	0,000%	0,000%	0,000%			0,000%	0,000%	0,000%
road	96,002%	97,623%	96,806%	95,986%	97,619%	96,795%	95,925%	97,526%	96,719%
parking	75,595%	75,296%	75,445%	75,528%	75,143%	75,335%	75,326%	74,879%	75,102%
sidewalk	91,811%	90,666%	91,235%	91,784%	90,629%	91,203%	91,650%	90,510%	91,077%
other-ground	0,102%	0,193%	0,133%	0,089%	0,166%	0,116%	0,153%	0,272%	0,196%
building	94,333%	86,040%	89,996%	94,334%	86,150%	90,056%	94,254%	85,994%	89,934%
fence	78,512%	75,011%	76,721%	78,646%	75,000%	76,780%	78,477%	74,893%	76,643%
vegetation	91,962%	92,752%	92,355%	91,940%	92,758%	92,347%	91,879%	92,738%	92,306%
trunk	92,173%	82,759%	87,212%	92,147%	82,720%	87,179%	92,070%	82,577%	87,066%
terrain	78,373%	76,316%	77,331%	78,293%	76,277%	77,272%	78,113%	76,079%	77,082%
pole	75,405%	59,334%	66,411%	75,557%	59,155%	66,358%	75,261%	58,325%	65,719%
traffic-sign	73,767%	56,688%	64,109%	73,526%	56,468%	63,878%	73,934%	56,640%	64,142%
micro-average	89,768%			89,758%			89,666%		
Time testing	1:01:05			0:49:00			0:24:57		

# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

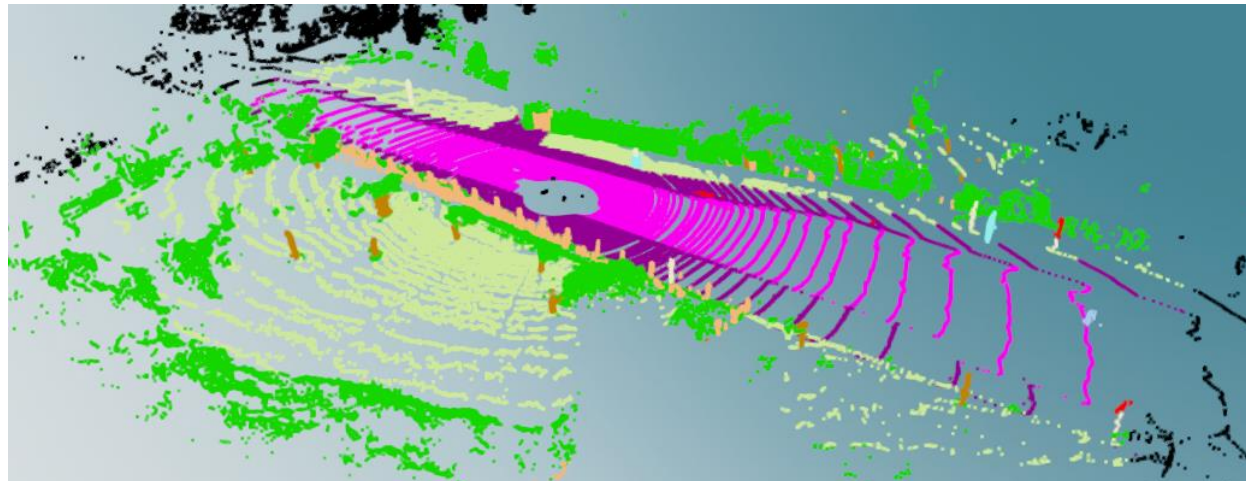
## Vérification de résultats obtenus sur un nuage de points du jeu test

- Vérité terrain:



- Résultat de la prédiction:

(Précision obtenue  
= 89,66%)



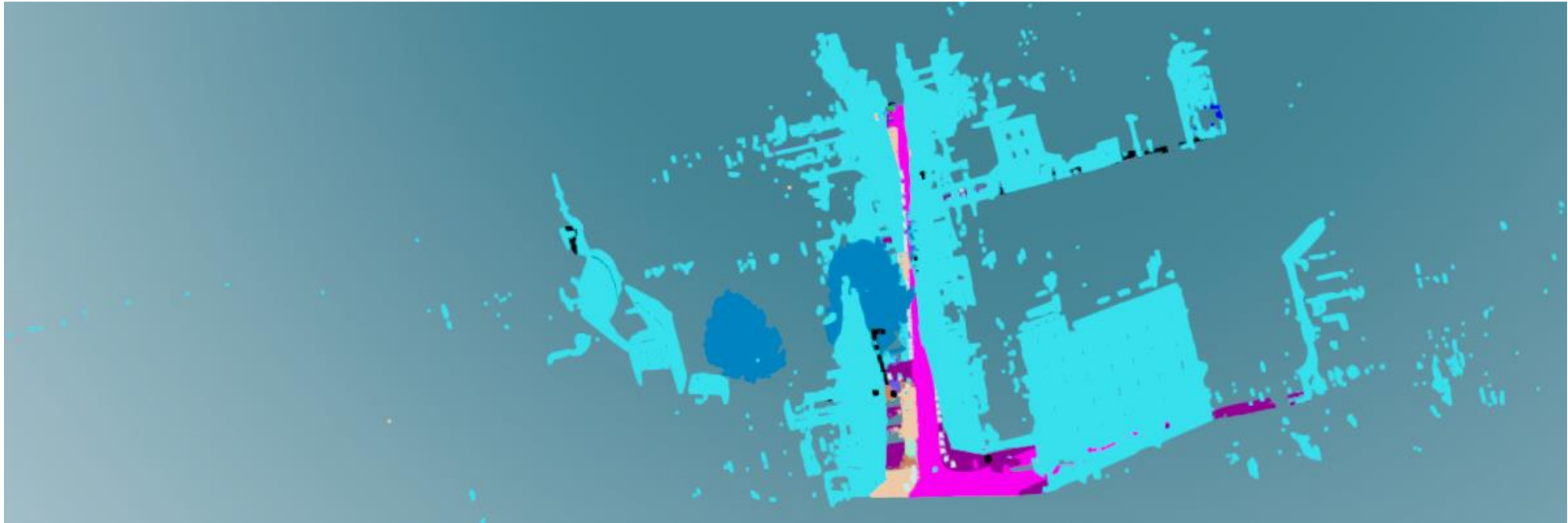
unlabeled	unlabeled
car	car
bicycle	bicycle
motorcycle	motorcycle
truck	truck
other-vehicle	other-vehicle
person	person
bicyclist	bicyclist
motorcyclist	motorcyclist
road	road
parking	parking
sidewalk	sidewalk
other-ground	other-ground
building	building
fence	fence
vegetation	vegetation
trunk	trunk
terrain	terrain
pole	pole
traffic-sign	traffic-sign

# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Essai avec un autre dataset : Rue Cassette - TerraMobilita

- Nuage de 12 millions de points
- Tronçon d'une longueur d'environ 206 ml

*Le modèle 2DPASS prend des boîtes de 50 ml et le GPU n'est pas assez puissant pour traiter ce volume de points*



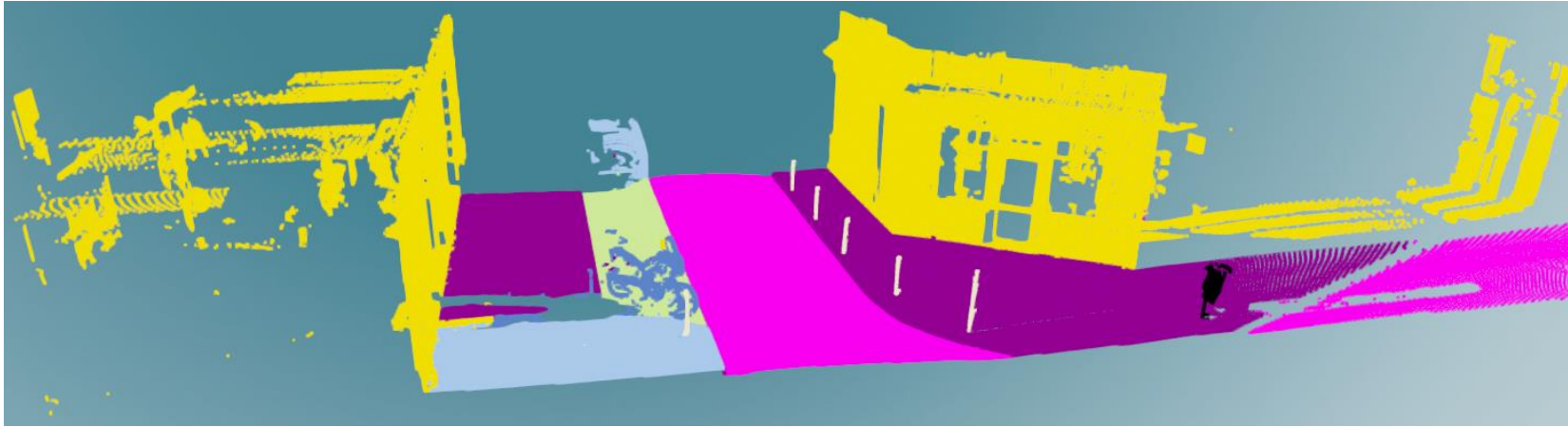
**Solution :** Découpage du dataset en 94 nuages d'environ 450 000 points et en tronçons de 10 ml de long, en utilisant le time code du GPS

# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Essai n°1 : Rue Cassette - TerraMobilita (Nuage : 459 728 points)

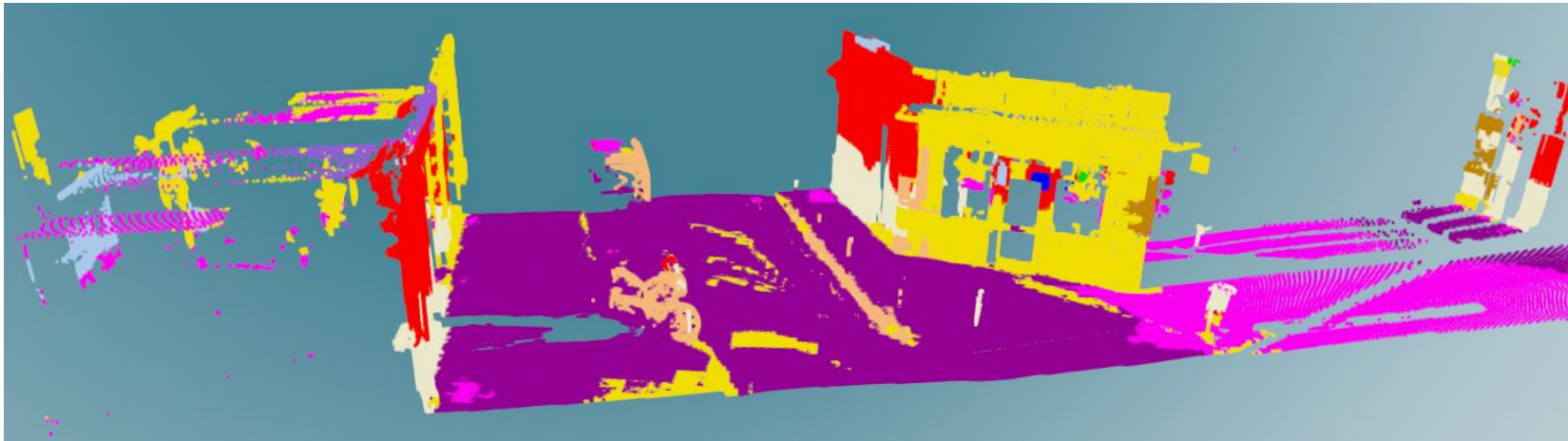
### Utilisation du modèle entraîné sur SemanticKITTI

- Vérité terrain :



- Résultat de la prédiction :

(Précision obtenue  
= 23,49%)



unlabeled
car
bicycle
motorcycle
truck
other-vehicle
person
bicyclist
motorcyclist
road
parking
sidewalk
other-ground
building
fence
vegetation
trunk
terrain
pole
traffic-sign

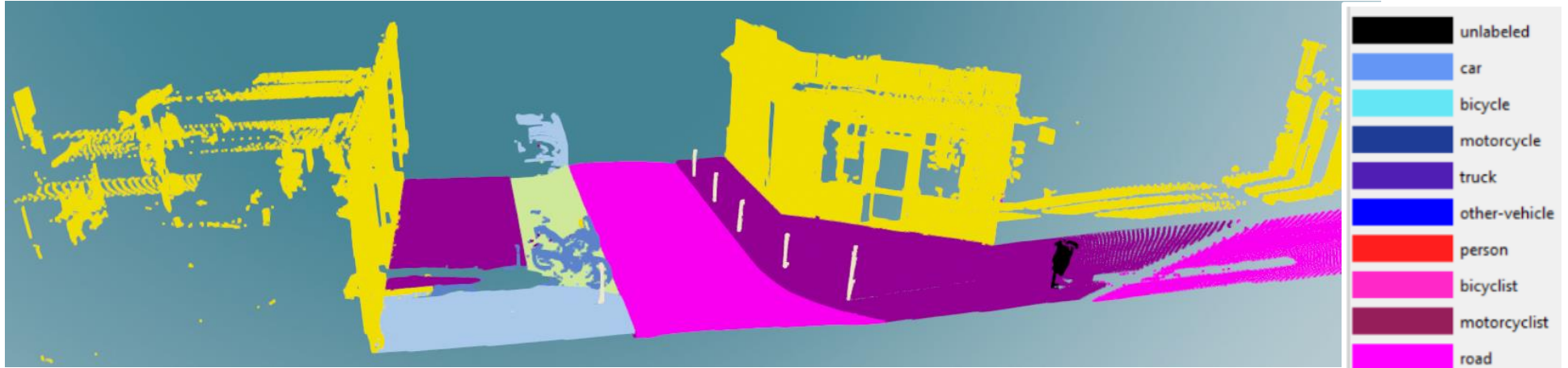


# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

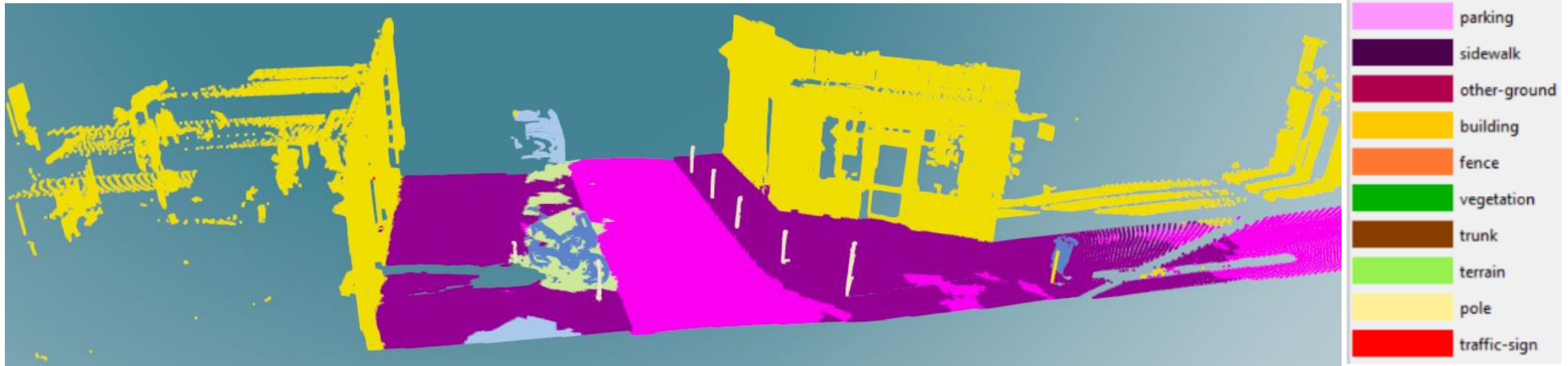
## Essai n°2 : Rue Cassette - TerraMobilita (Nuage : 459 728 points)

*Utilisation d'un modèle entraîné sur une partie des 94 nuages obtenus*

- Vérité terrain :



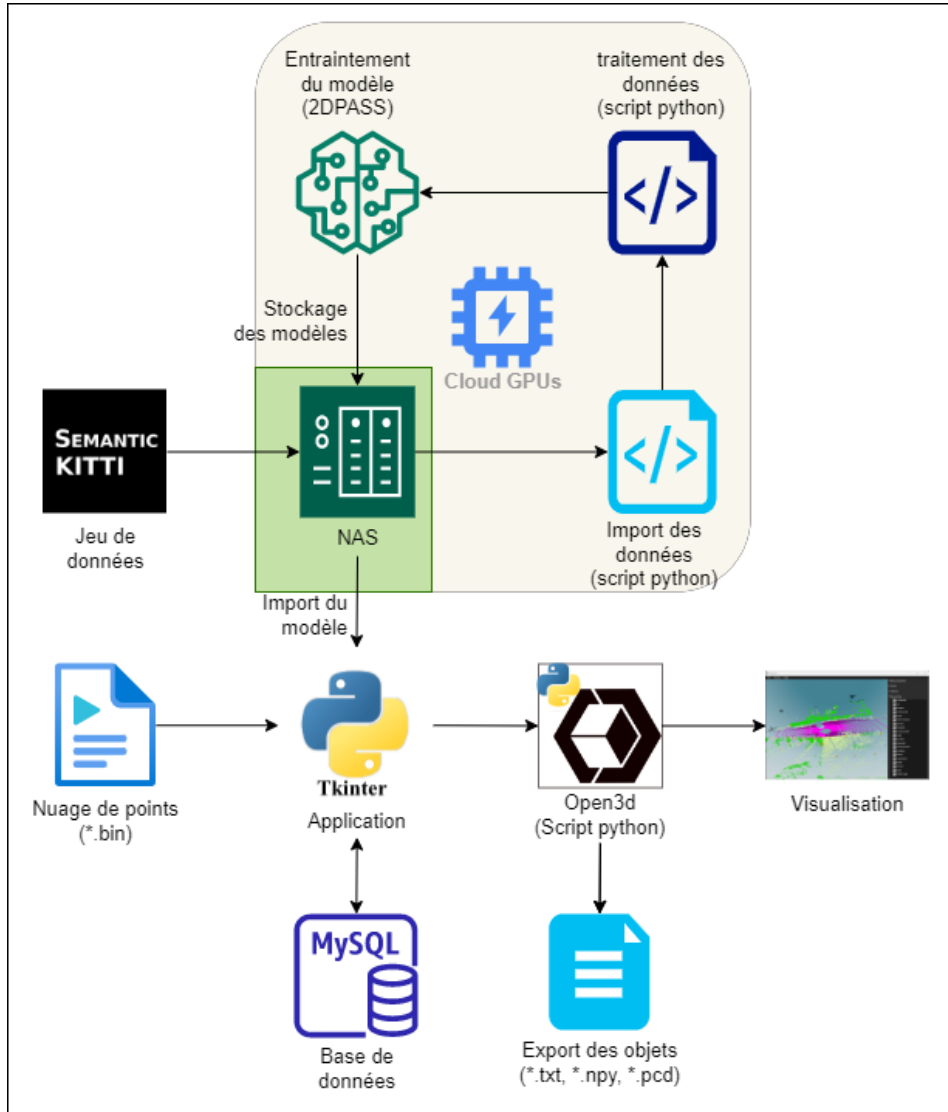
- Résultat de la prédiction :



*(Précision obtenue  
= 93,46%)*

# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Présentation du projet



# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

## Schéma de la base de données relationnelle (MySQL)

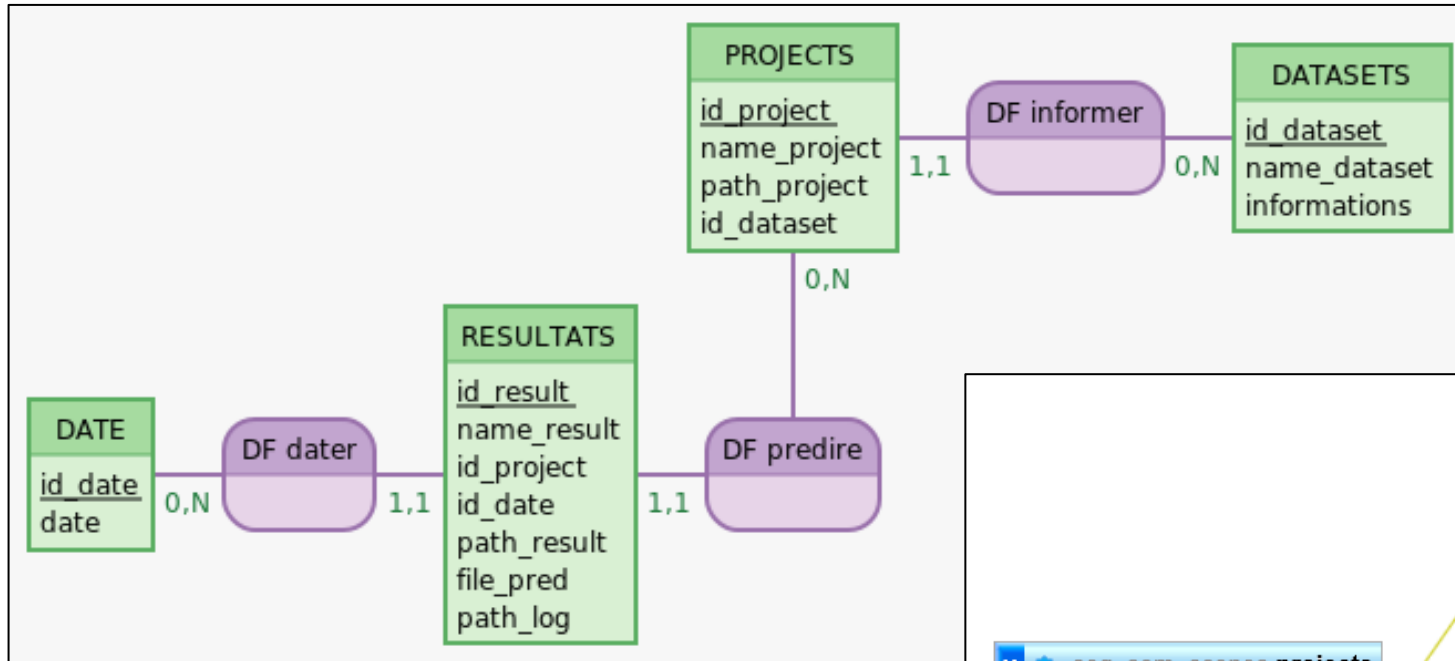
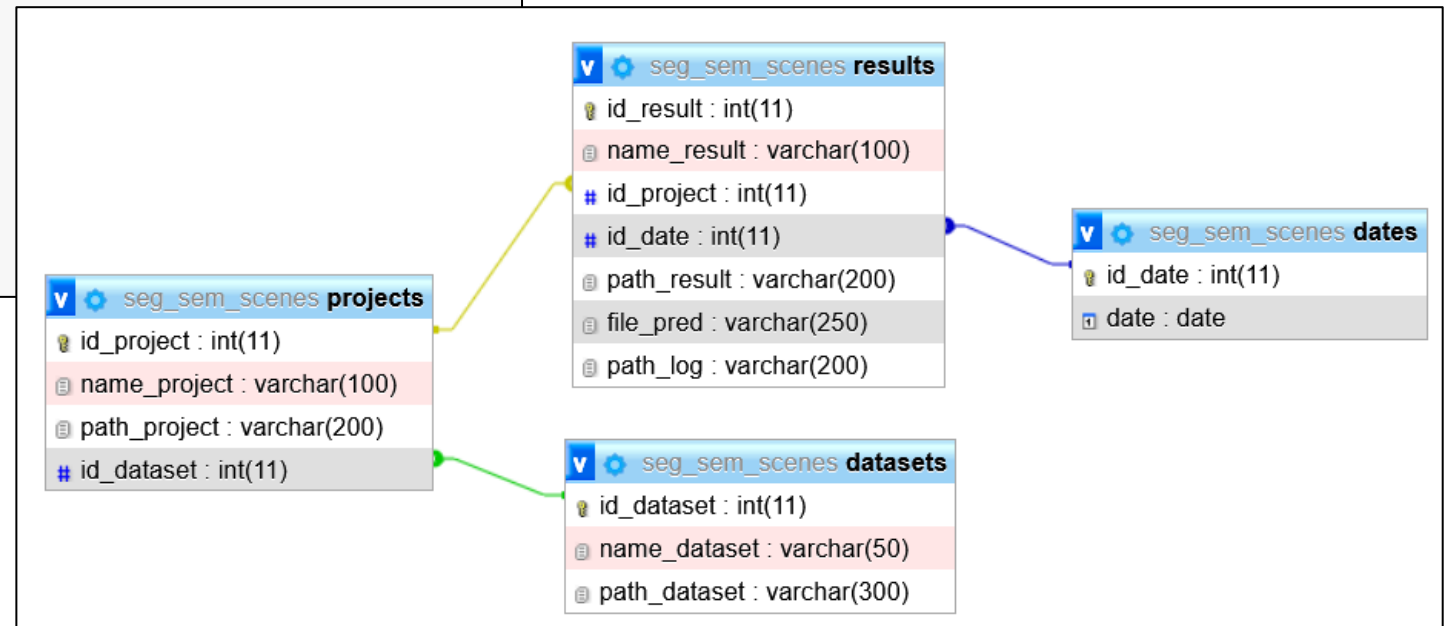


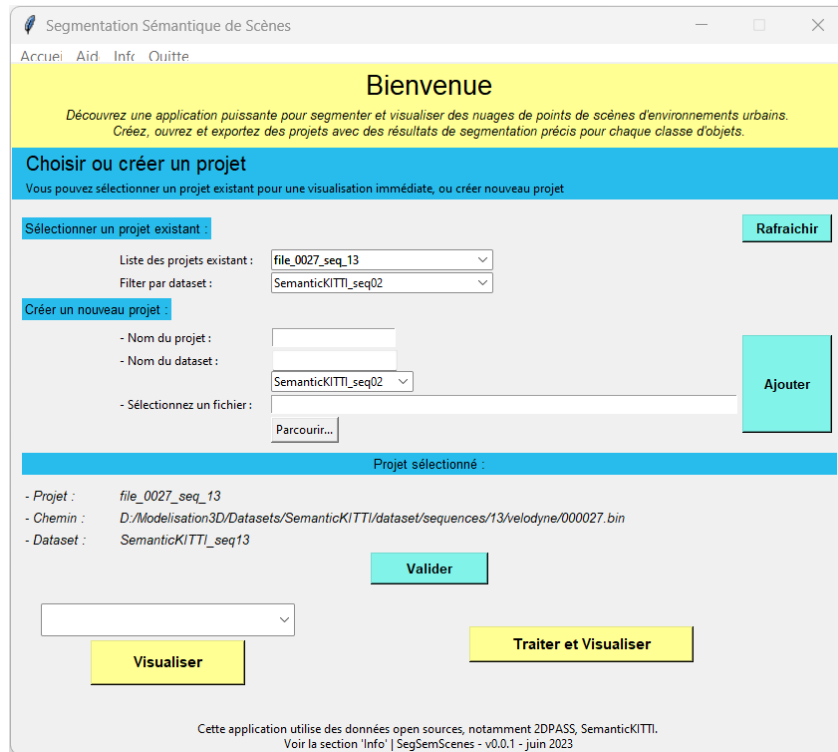
Schéma entité-association (MCD)

Schéma de la base créée

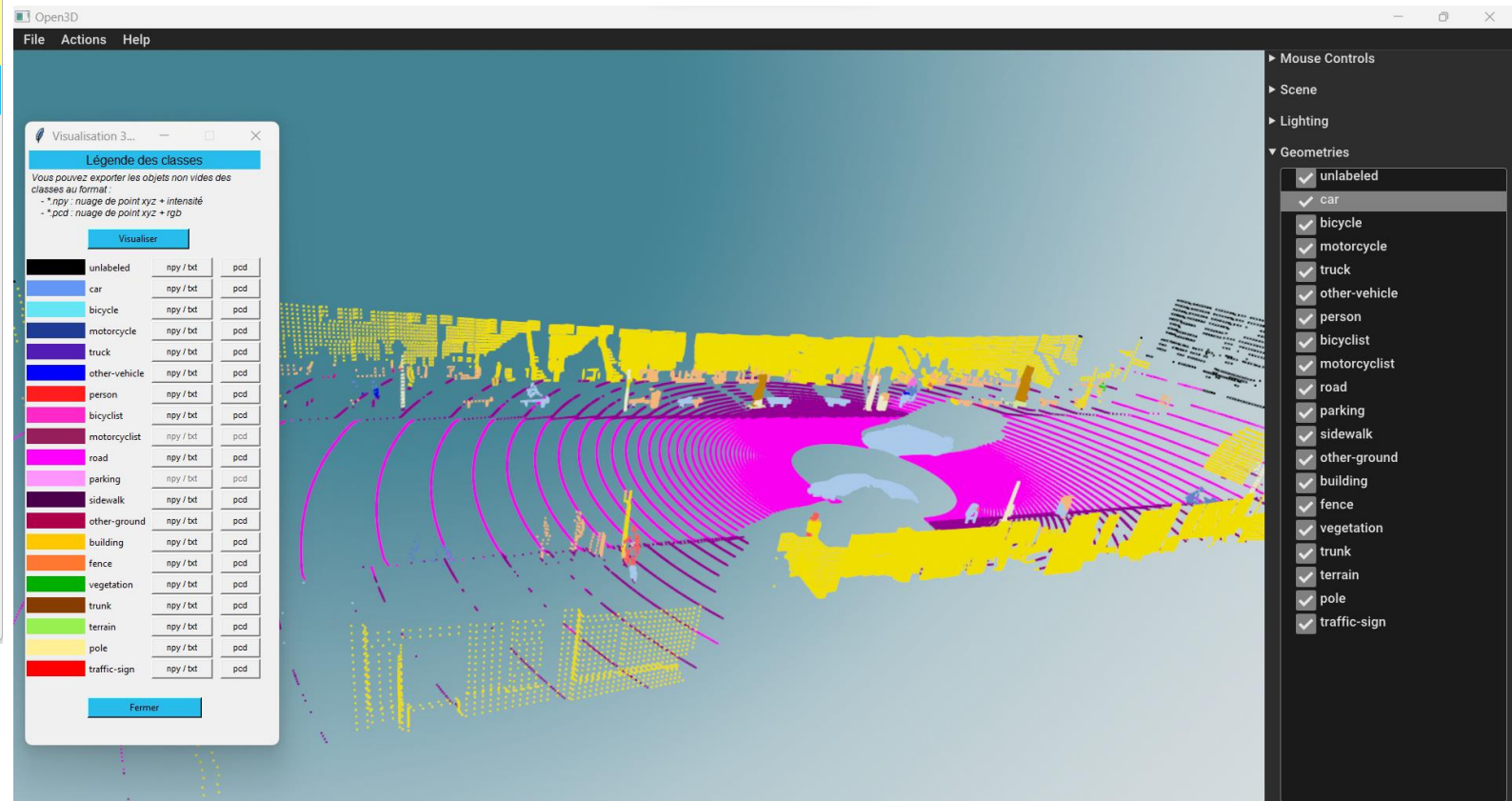


# Traitement des nuages de points (Segmentation sémantique)

Application développée : [vidéo de démonstration](#)



Interface graphique avec Tkinter



Visualisation avec open3D et Tkinter



par Maïna LE DEM