

Traitement de nuage de points 3D

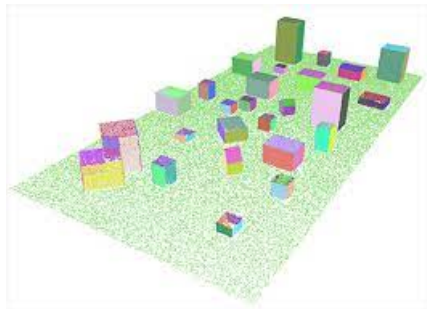
Thibault Lejemble

Majeure IMAGE - Décembre 2023

Pattern Recognition

1. Segmentation géométrique

- ▶ identifier des groupes de points différents
- ▶ partageant des propriétés géométriques similaires
- ▶ algorithmes souvent non-supervisés



2. Classification sémantique

- ▶ identifier des classes d'objet
- ▶ définition d'une sémantique
- ▶ algorithmes souvent supervisés

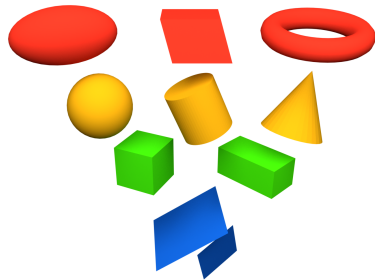
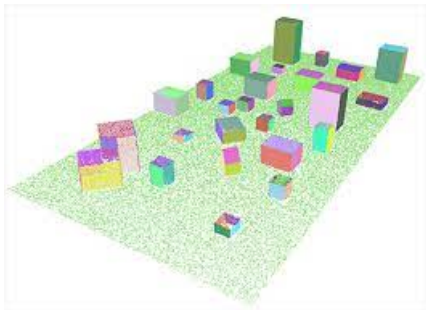


1. Segmentation

1. Segmentation

Segmentation géométrique non-supervisées

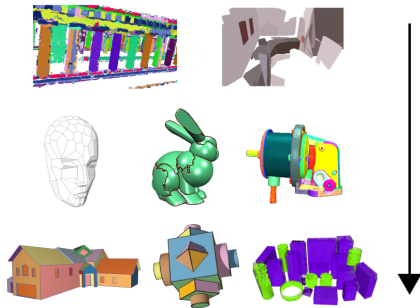
- ▶ déterminer des groupes de points 3D (régions, *clusters*...)
- ▶ caractéristiques géométriques similaires
- ▶ détection de primitives géométriques 3D 'simples'



1. Segmentation

Différents **niveaux d'abstraction** de forme

0. nuage de points 3D 'brut'
1. morceaux de primitives, régions localisées, détails saillants
2. primitives complètes, segmentation de toutes les données
3. structure entre primitives, relations géométriques



1. Segmentation

Familles d'algorithmes de détection de formes

- ▶ RANSAC
- ▶ transformée de Hough
- ▶ clustering
- ▶ statistiques locales
- ▶ accroissement de région

1. Segmentation

RANSAC

1. RANSAC

Ransom SAmple Consensus

- ▶ algorithme stochastique
- ▶ ajustements aléatoires de plusieurs modèles aux données
- ▶ sélection du modèle le plus proche des données (qui fait consensus)

Avantages

- ▶ robuste au bruit
- ▶ robuste aux données aberrantes
- ▶ générique car adapté à un grand nombre de modèles
- ▶ garanties statistiques

1. RANSAC

Pseudo code général pour ajuster un modèle

RANSAC(ensemble P)

- ▶ sélectionner aléatoirement k fois n éléments de P
- ▶ ajuster un modèle aux k groupes de n éléments
- ▶ calculer le nombre d'éléments de P inclus dans chaque modèle suivant un seuil τ
- ▶ sélectionner le modèle avec le plus grand nombre d'éléments inclus

Paramètres

n : nombre d'éléments nécessaires pour pouvoir ajuster un modèle (souvent minimal)

k : nombre d'échantillons aléatoires

τ : seuil pour considérer si un élément est inclus dans un modèle

1. RANSAC

Pseudo code général pour ajuster plusieurs modèles

RANSAC(ensemble P)

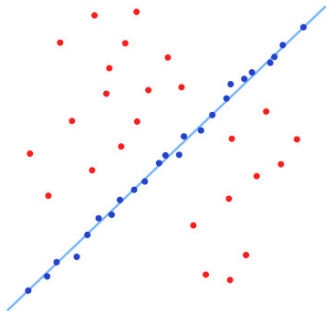
- ▶ ensemble Q vide
- ▶ répéter
 - ▶ sélectionner aléatoirement k fois n éléments de P
 - ▶ ajuster un modèle aux k groupes de n éléments
 - ▶ calculer le nombre d'éléments de P inclus dans chaque modèle suivant un seuil τ
 - ▶ sélectionner le modèle avec le plus grand nombre d'éléments inclus
 - ▶ les éléments inclus dans ce modèle sont déplacés dans Q

Conditions d'arrêt

- ▶ tant que P n'est pas vide
- ▶ tant que l'erreur modèle/données ne dépasse pas un certain seuil

1. RANSAC

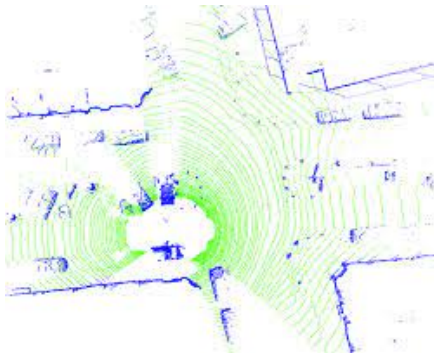
Exemple : ajustement d'une droite à des points 2D



- ▶ $n = 2$
- ▶ modèle : fonctione linéaire $y = ax + b$ (formule implicite $n_x x + n_y y + d = 0$)
- ▶ inclusion calculée sur des distances point/droite

1. RANSAC

Exemple : ajustement d'un plan à des points 3D



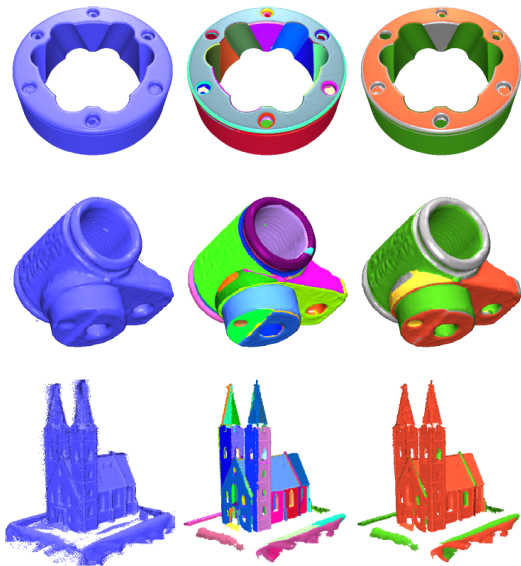
- ▶ $n = 3$
- ▶ modèle : fonctione linéaire $z = ax + by + c$ (formule implicite $n_x x + n_y y + n_z z + d = 0$)
- ▶ inclusion calculée sur des distances point/**plan**

1. RANSAC

Détection de formes 3D

- ▶ ajustements de plan, cylindre, sphère, tore, cone...
- ▶ accroissements de régions
- ▶ ré-ajustement de modèle
- ▶ structures accélératrices (pour l'échantillonnage aléatoire)
- ▶ utilisation des normales
- ▶ extraction de relation, renforcement des régularités

1. RANSAC



2. Classification

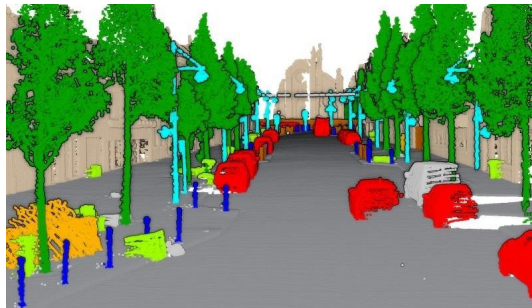
2. Classification

Classification sémantique

- ▶ assigner à chaque point une classe
- ▶ regrouper des points similaires ensemble

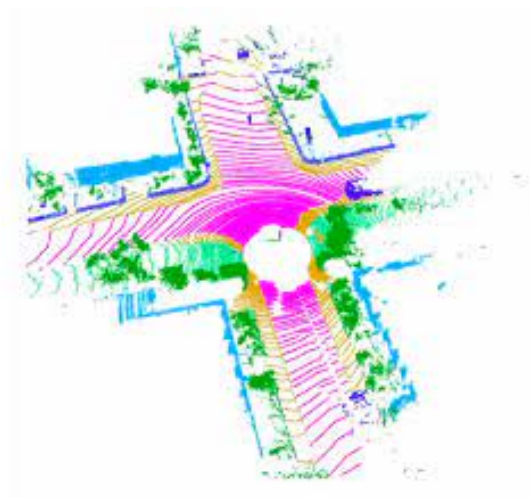
Exemples

- ▶ Voiture autonome : sol, piéton, voiture, infra...
- ▶ Géographie : terrain, végétation, bâtiment...
- ▶ Urbanisme : sol, mur, toit, fenêtre...
- ▶ Ingénierie : tuyau, câble, boulon, vis...
- ▶ Humain : parties du corps
- ▶ ...



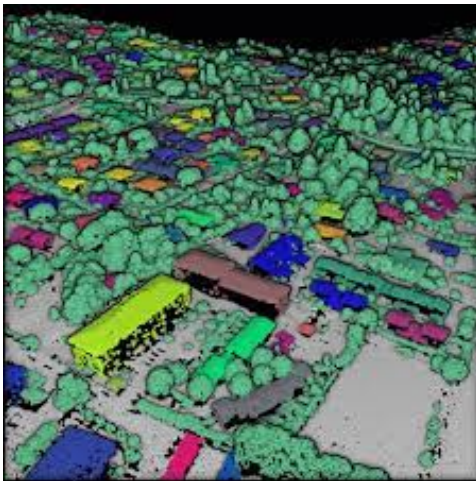
2. Classification : exemples

- ▶ Voiture autonome : sol, piéton, voiture, infra...



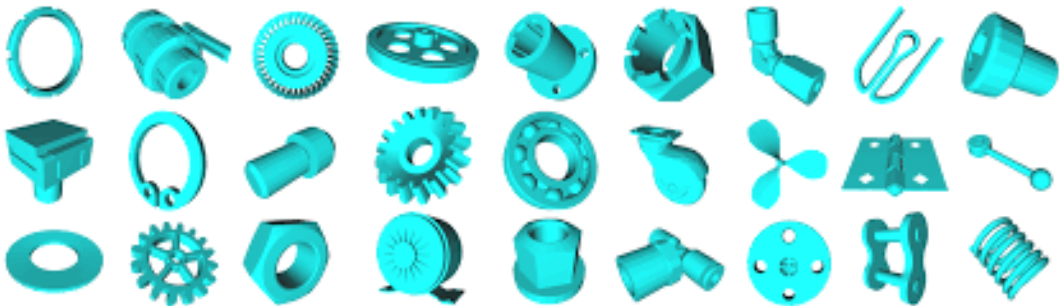
2. Classification : exemples

- Géographie : terrain, végétation, bâtiment...



2. Classification : exemples

► Ingénierie : tuyau, câble, boulon, vis...



2. Classification : exemples

- Humain : parties du corps



2. Classification

Méthodes non-supervisées

- ▶ Segmentation géométrique + heuristiques
- ▶ Bag-of-words visuels

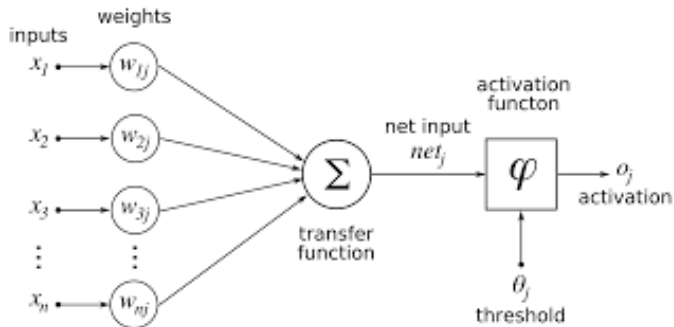
Méthodes supervisées

- ▶ principalement du Deep Learning

2. Classification

Réseau de Deep Learning

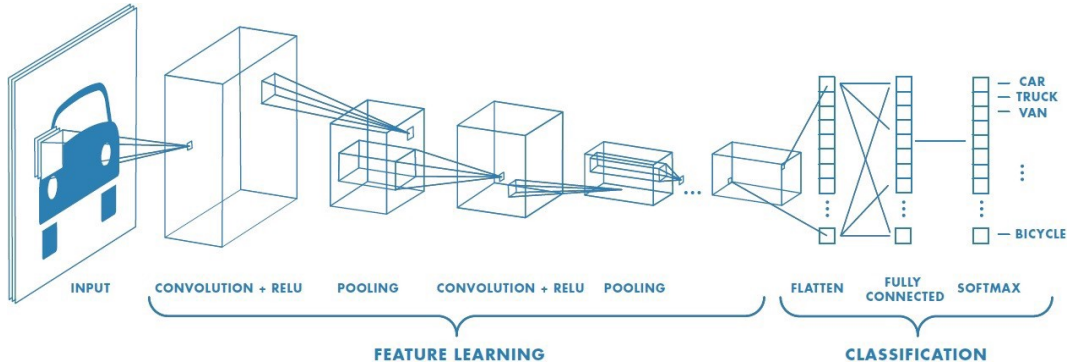
- ▶ neurones = poids + fonction d'activation
- ▶ organisés en couches
- ▶ fonction de coût
- ▶ rétro-propagation de l'erreur lors de l'entraînement



2. Classification

Classification d'image

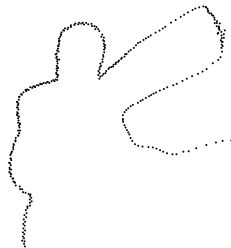
- couche de convolution
- entrée structurée en grille



2. Classification

Problème des nuages de points 3D

- ▶ pas de structures régulière
- ▶ invariant par permutation
- ▶ pas d'opération de convolution triviale existante



| | | | | |
|---|---|---|---|---|
| 2 | 4 | 9 | 1 | 4 |
| 2 | 1 | 4 | 4 | 6 |
| 1 | 1 | 2 | 9 | 2 |
| 7 | 3 | 5 | 1 | 3 |
| 2 | 3 | 4 | 8 | 5 |

Image

X

| | | |
|----|----|---|
| 1 | 2 | 3 |
| -4 | 7 | 4 |
| 2 | -5 | 1 |

Filter /
Kernel

=

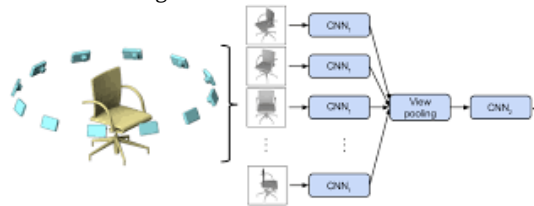
| | | |
|----|----|--|
| 51 | 66 | |
| | | |
| | | |

Feature

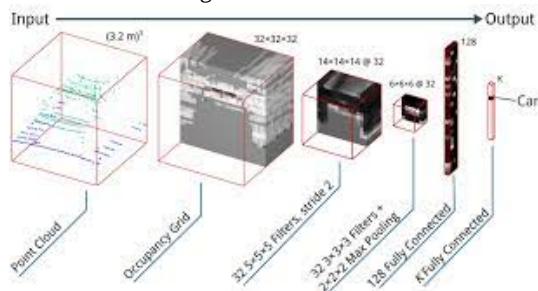
2. Classification

deux solutions 'naïves'

1. Rendu d'images 2D



2. Structuration en grille de voxels 3D



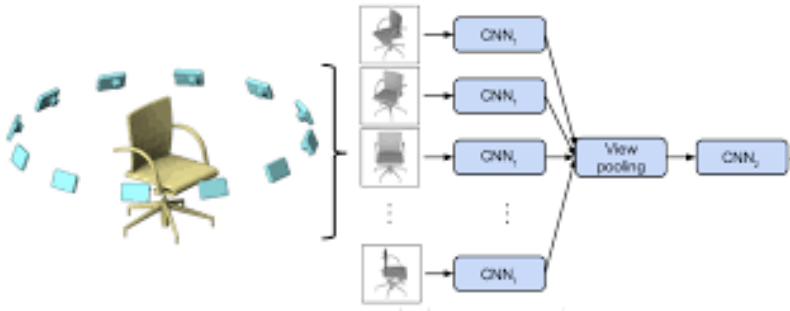
2. Classification

1. Rendu d'images 2D

- ▶ synthèse d'images
- ▶ à partir de plusieurs point de vue
- ▶ apprentissage sur des images (grilles 2D)
- ▶ re-projection des résultat sur le nuage de points

Problèmes

- ▶ définition des point de vue
- ▶ perte d'information 3D
- ▶ coût de calcul du rendu



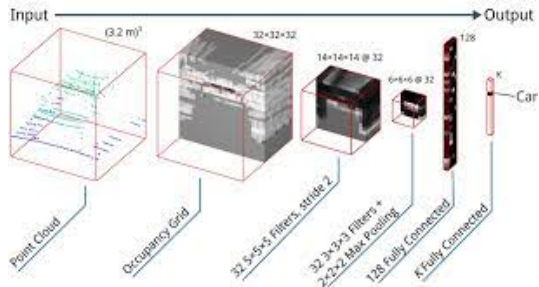
2. Classification

2. Structuration en grille de voxels 3D

- ▶ définition d'une grille $N_x \times N_y \times N_z$
- ▶ 1 point 3D dans un voxel \Rightarrow 1 (binaire)
- ▶ n points $\Rightarrow n$ (scalaire)
- ▶ attributs supplémentaires
- ▶ convolutions 3D

Problèmes

- ▶ définition des axes
- ▶ erreur de quantification
- ▶ complexité cubique
- ▶ limitation de mémoire

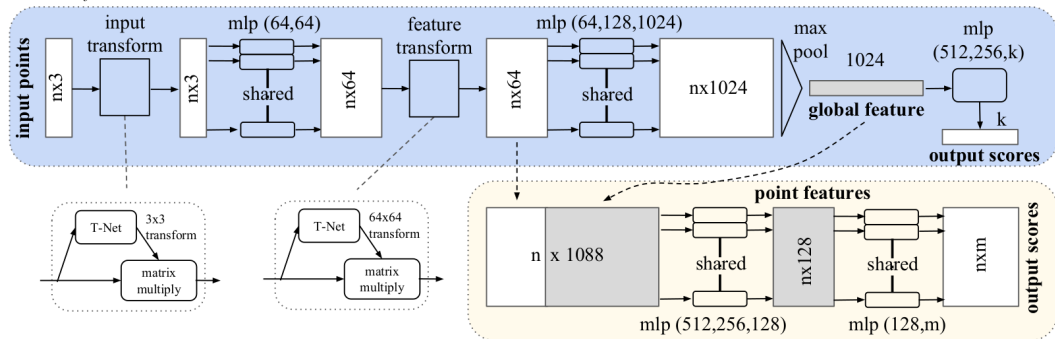


2. Classification

Point-Net

- ▶ application sur un patch de points 3D
- ▶ apprentissage d'une transformation 3D canonique
- ▶ apprentissage d'une transformation des *features*
- ▶ segmentation ou classification

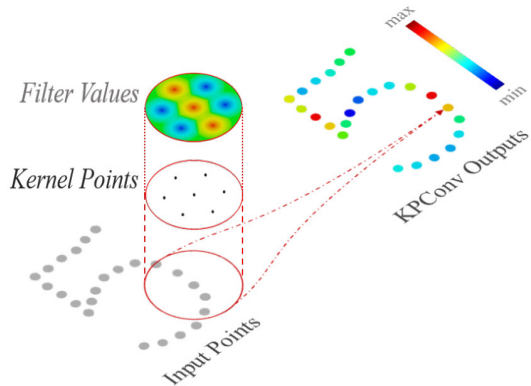
Classification Network



2. Classification

Autres 'deep' classifieur de nuage de points

- ▶ multi-échelle / hiérarchique
- ▶ graph neural network
- ▶ convolution discrète de points



cf. Deep Learning for 3D Point Clouds: A Survey, Guo et al. (2020)