



## PROJET DE STAGE 2022 :

### Segmentation hiérarchique de nuages de points 3D

#### Qui sommes nous :

Nous sommes une équipe de passionnés qui prenons plaisir à travailler ensemble sur des thématiques liées au Lidar 3D et à l'intelligence artificielle au service des infrastructures.

Notre équipe est composée d'experts de différents domaines qui travaillent de manière collaborative et qui apprécient partager leurs connaissances.

Nous essayons de permettre à chacun de trouver l'équilibre entre sa vie personnelle et sa vie professionnelle en laissant une grande flexibilité sur les modalités de travail (télétravail, temps partiel, horaires flexibles, activités sportives, aide pour la garde d'enfants,...).

Nos bureaux se trouvent à l'intérieur du site bellifontain de l'Ecole de Mines de Paris. Située à 60 km au sud de Paris (40 minutes en train depuis la Gare de Lyon), Fontainebleau est une ville animée qui offre un cadre exceptionnel avec un splendide château et une immense forêt.

#### Présentation générale de TCP et du CMM :

- **The Cross Product (TCP)** est une deeptech proposant des logiciels de gestion d'infrastructures ferroviaires, électriques et autoroutières capables d'effectuer des inspections, inventaires et autres études spécifiques. Techniquement cela correspond à 3 principales catégories de traitement : Reconnaissance d'objets (classification de nuages de points 3D), modélisation (vectorisation) et traitements métiers. La combinaison du LiDAR 3D avec l'IA permet de réaliser ces traitements à grande échelle, de manière automatique, rapide et précise.

L'expérience industrielle et académique de The Cross Product lui permet de proposer des logiciels à la pointe de la technologie permettant aux gestionnaires de réseaux de réduire leurs coûts de gestion, d'augmenter la connaissance et la sécurité du réseau et d'améliorer l'exploitation et la maintenance.

Nos solutions SaaS s'adressent aux gestionnaires de réseaux, aux géomètres et aux sociétés d'ingénierie.

**LinkedIn :** <https://fr.linkedin.com/company/thecrossproduct>

**Site web :** [www.thecrossproduct.com](http://www.thecrossproduct.com)

- **Centre de Morphologie Mathématique (CMM) / Mines ParisTech / PSL Research University**  
Le CMM est un laboratoire de recherche de l'École des Mines qui accueille des doctorants et stagiaires français et étrangers. Les sujets de travail sont liés au traitement d'image en général et à la morphologie mathématique en particulier. Les domaines d'application sont variés : multimédia, électronique, science des matériaux, contrôle industriel et médecine. La théorie et la pratique sont les deux axes directeurs de la plupart des travaux menés au CMM.  
**Site web :** <https://www.cmm.minesparis.psl.eu/>

## **Contexte :**

Les nuages de points sont des données massives représentant de manière précise la géométrie 3D des objets et de scènes à grande échelle. Aujourd'hui, ce type de données est utilisé dans de nombreuses applications comme la maintenance d'infrastructures ou les véhicules autonomes. Dans de nombreuses applications, une étape fondamentale du traitement de ces données est la segmentation du nuage de points. Dans ce contexte, le but est de décomposer le nuage de points en sous-ensembles cohérents (segments) qui composent la scène ou l'objet représenté. Ensuite, ces segments peuvent être classifiés en ajoutant un label sémantique indiquant le type d'objet auquel il appartient.

Depuis plusieurs années, les algorithmes de recherche de pointe s'appuient sur des mécanismes d'apprentissage profond supervisé (Deep Learning) pour résoudre le problème. L'une des principales limitations des techniques d'apprentissage supervisé est le grand nombre d'objets nécessaires pour entraîner un modèle.

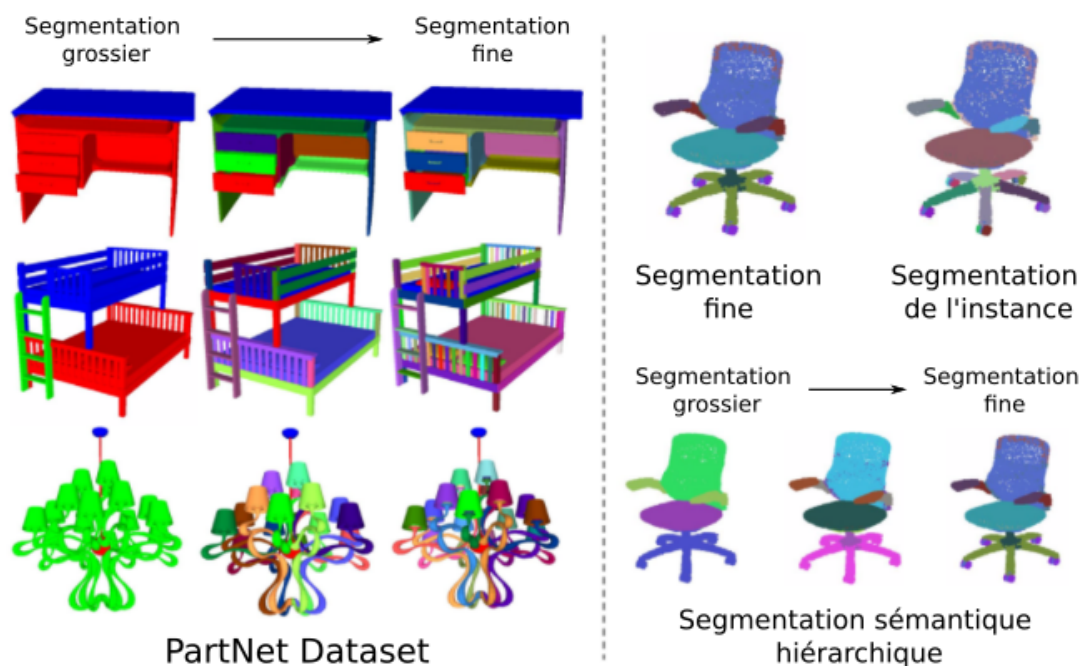
Dans le domaine de la classification automatique, une représentation plus riche est la segmentation hiérarchique, qui consiste à obtenir des partitions emboîtées à plusieurs échelles des données d'entrée. Les clusters d'un niveau de la hiérarchie sont obtenus en fusionnant les clusters du niveau inférieur de la hiérarchie. Les algorithmes construisant une telle hiérarchie sont appelés des approches "top-down" ou "bottom-up".

En 2016, Dasgupta [1] a proposé une fonction de coût permettant d'évaluer la qualité d'une hiérarchie étant donné un graphe qui modélise la similarité entre les couples de points. Le défaut de cette approche est que l'espace d'exploration des hiérarchies est discret et trouver la hiérarchie optimale représente un problème NP-complexe. Pour faire face à cette problématique, Chami et al. [2] ont proposé une version approximée du fonctionnel de Dasgupta sur le disque de Poincaré. Ce dernier est un espace métrique hyperbolique représenté par les points du plan réel dont la norme est plus petite que 1. La nouveauté de cette stratégie est qu'en travaillant dans un espace "continu" il est possible d'utiliser des approches d'apprentissage profond pour trouver la hiérarchie optimale qui minimise leur fonction de coût. Ensuite, afin de pouvoir étendre au cas de jeu des données à taille variable, Gigli et al. [3] ont proposé d'apprendre en même temps la fonction de similarité parmi les points et la hiérarchie optimale dans le disque de Poincaré. L'apprentissage de métriques aborde le problème du regroupement en mappant les données dans un espace d'intégration. Dans cet espace, les objets similaires sont cartographiés près les uns des autres, tandis que les objets dissemblables sont cartographiés loin les uns des autres.

## **Objectifs du stage :**

Ce stage se propose de continuer l'exploration de l'apprentissage des hiérarchies dans le cas de nuage de points, par exemple, sur le jeu de données PartNet [4] (voir image ci-dessous). Les objectifs du stage sont en même temps la recherche des modèles d'apprentissage profond équivariants pour les nuages de points 3D et conjointement l'étude de modèles pour adapter la méthodologie proposée par Gigli *et al.* [3] au cas de nuages de points. Notamment, un possible enjeu sera de comprendre comment s'attaquer au coût computationnel dû à l'augmentation du nombre de points à traiter.

# Visualisation des données



**Figure 1. Ensemble de données PartNet et trois benchmarks de segmentation.** À gauche : des exemples d'annotations à trois niveaux de segmentation dans la hiérarchie. À droite : trois tâches de segmentation fondamentales et difficiles et un benchmark en utilisant PartNet. Image prise et traduite de [4]

Le stagiaire rédigera un rapport technique servant de base à une publication scientifique. En fonction des résultats obtenus, il y aura la possibilité de continuer avec une thèse CIFRE aux MINES ParisTech.

## **Cible et compétences requises:**

Ce stage de fin de cursus ingénieur ou universitaire s'adresse à des étudiants spécialisés en mathématiques appliquées, vision par ordinateur et apprentissage automatique. Le candidat devrait s'intéresser aux interactions entre les mathématiques, la datascience et l'informatique ainsi qu'avoir des connaissances en Python et PyTorch.

## **Durée :**

Stage Ingénieur de 6 mois (Projet de fin d'études) – 2022

## **Stage rémunéré :**

Oui

## **Lieu d'exécution :**

Locaux TCP/ CMM École des Mines de Fontainebleau 77300 (Accès par train : Ligne TER R, 40 minutes depuis Gare de Lyon).

## **Contact :**

Envoyer CV et lettre de motivation à :

- Leonardo Gigli
  - email: [leonardo.gigli@thecrossproduct.com](mailto:leonardo.gigli@thecrossproduct.com),
  - web page : <https://www.researchgate.net/profile/Leonardo-Gigli-2>
- Santiago Velasco-Forero
  - email: [santiago.velasco@mines-paristech.fr](mailto:santiago.velasco@mines-paristech.fr)
  - web page: <https://people.cmm.minesparis.psl.eu/users/velasco/>
- Andrés Serna
  - email: [andres.serna@thecrossproduct.com](mailto:andres.serna@thecrossproduct.com)
  - Web page : <https://scholar.google.com/citations?user=eBQWZoAAAAJ>

### **Références :**

[1] Dasgupta, Sanjoy. "A cost function for similarity-based hierarchical clustering." *Proceedings of the forty-eighth annual ACM symposium on Theory of Computing*. 2016.

[2] Chami, Ines, et al. "From trees to continuous embeddings and back: Hyperbolic hierarchical clustering." *Advances in Neural Information Processing Systems* 33 (2020): 15065-15076.

[3] Gigli, Leonardo, Beatriz Marcotegui, and Santiago Velasco-Forero. "End-to-End Similarity Learning and Hierarchical Clustering for unfixed size datasets." *International Conference on Geometric Science of Information*. Springer, Cham, 2021.

[4] Mo, Kaichun, et al. "Partnet: A large-scale benchmark for fine-grained and hierarchical part-level 3d object understanding." *Proceedings of the IEEE/CVF conference on computer vision and pattern recognition*. 2019.

[5] Deng, Congyue, et al. "Vector neurons: A general framework for SO (3)-equivariant networks." *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*. 2021.