

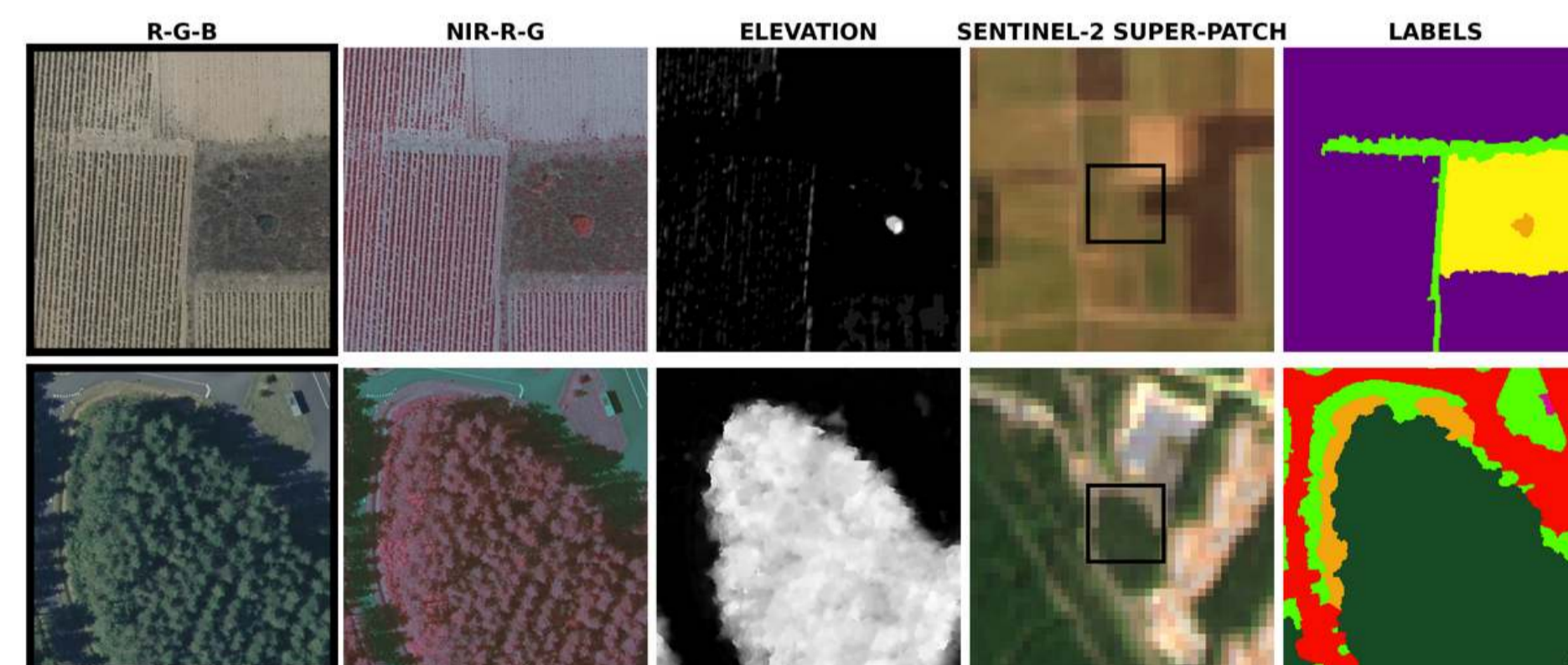
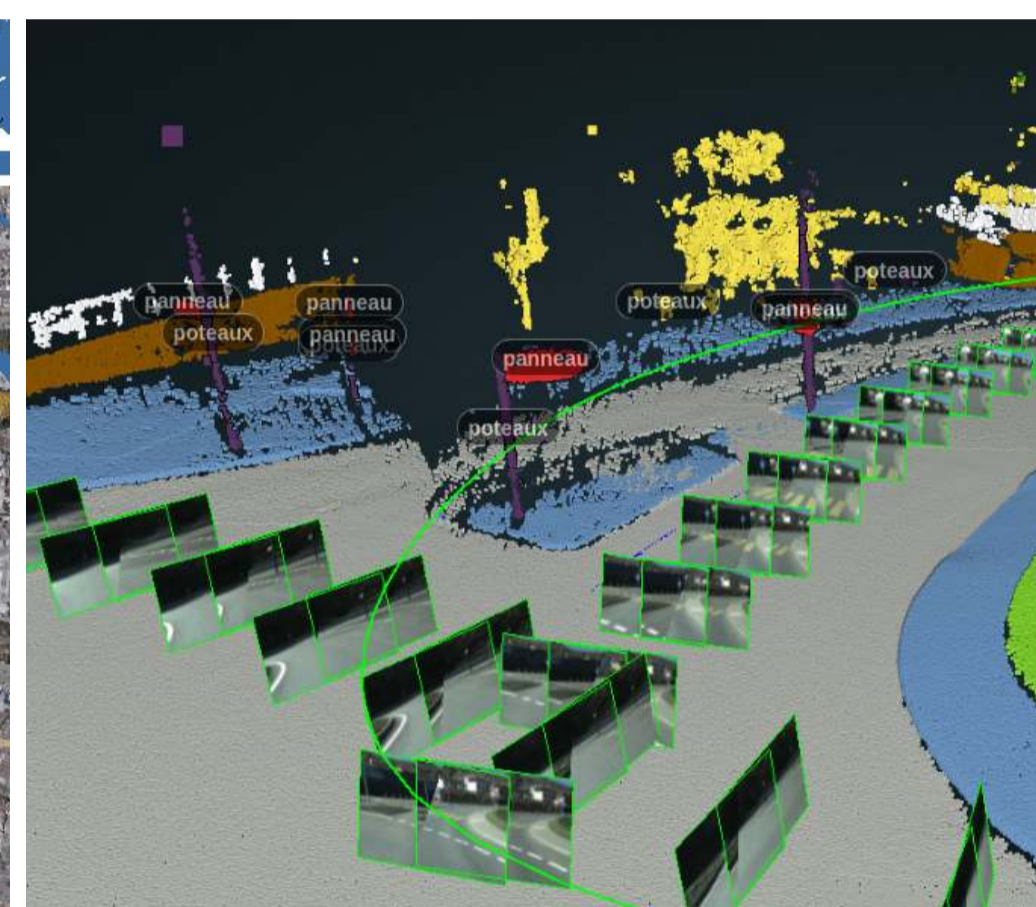
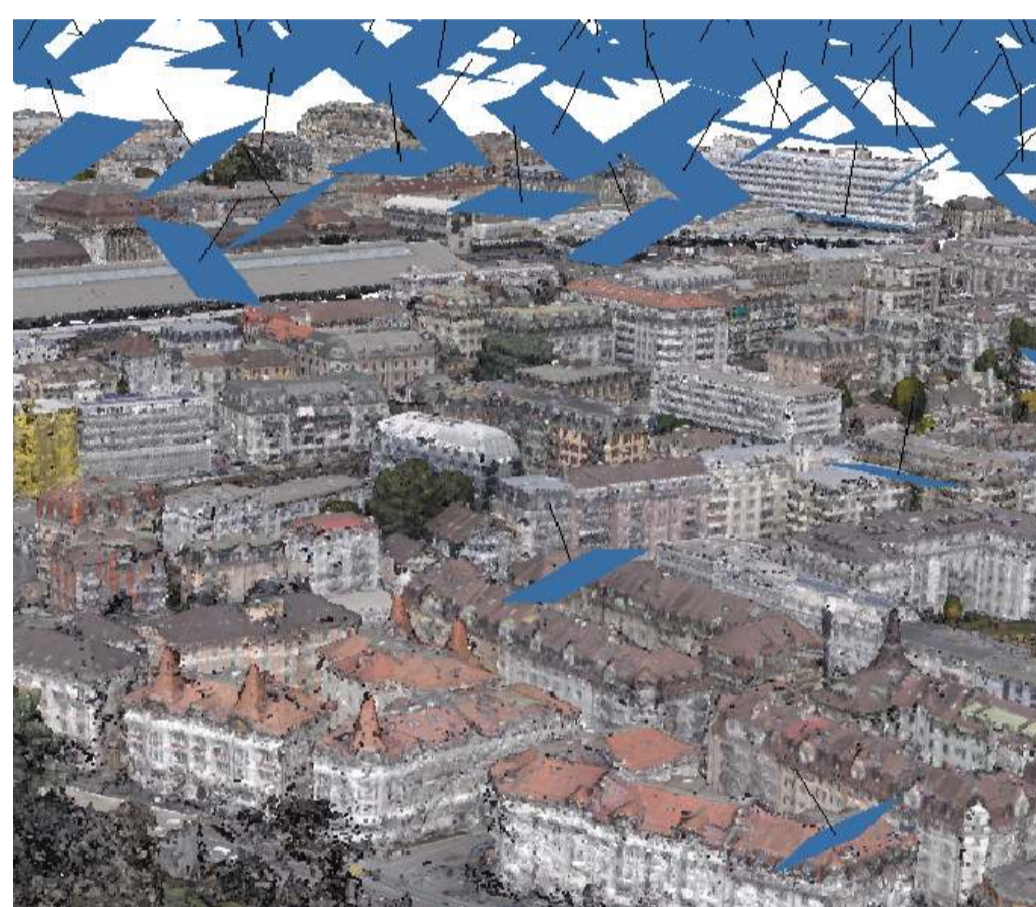
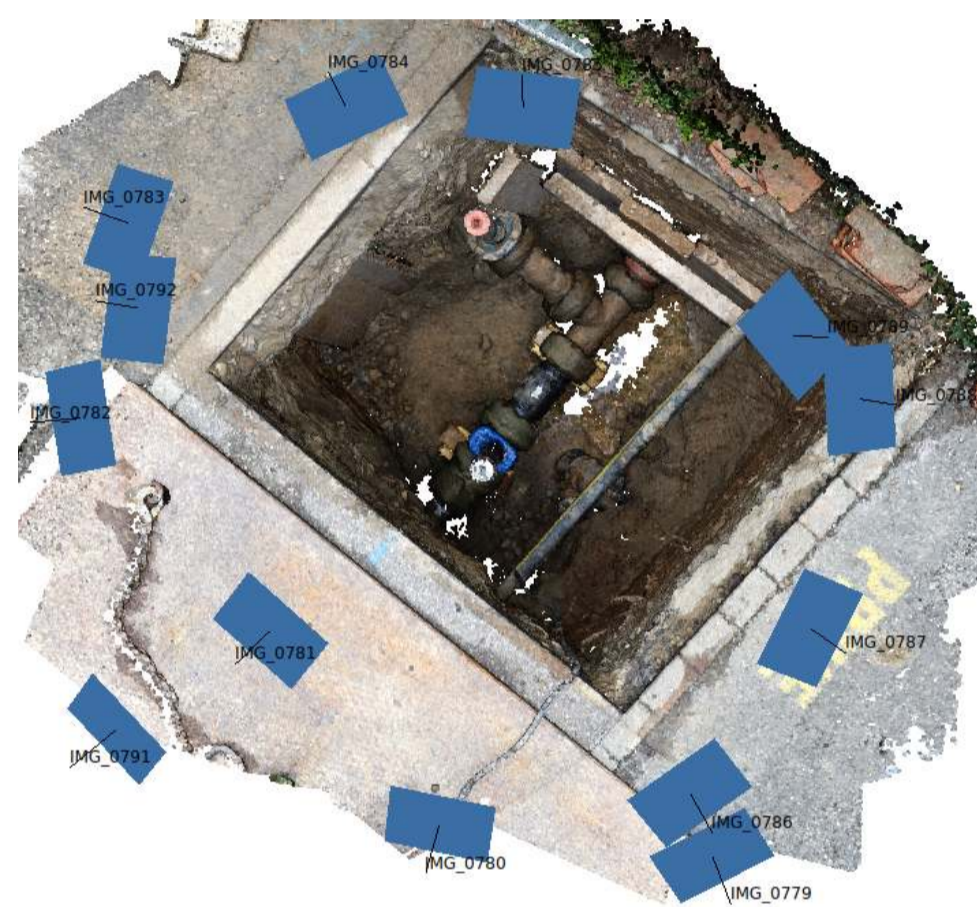
APPORTS ET LIMITATIONS DE L'UTILISATION DE L'INTELLIGENCE ARTIFICIELLE POUR LA MISE À JOUR DE BASES DE DONNÉES GÉOGRAPHIQUES

ANTOINE CARREAUD ET ADRIEN GRESSIN

JOURNÉE ROMANDE DE LA GÉOINFORMATION, NOVEMBRE 2023

PRÉAMBULE

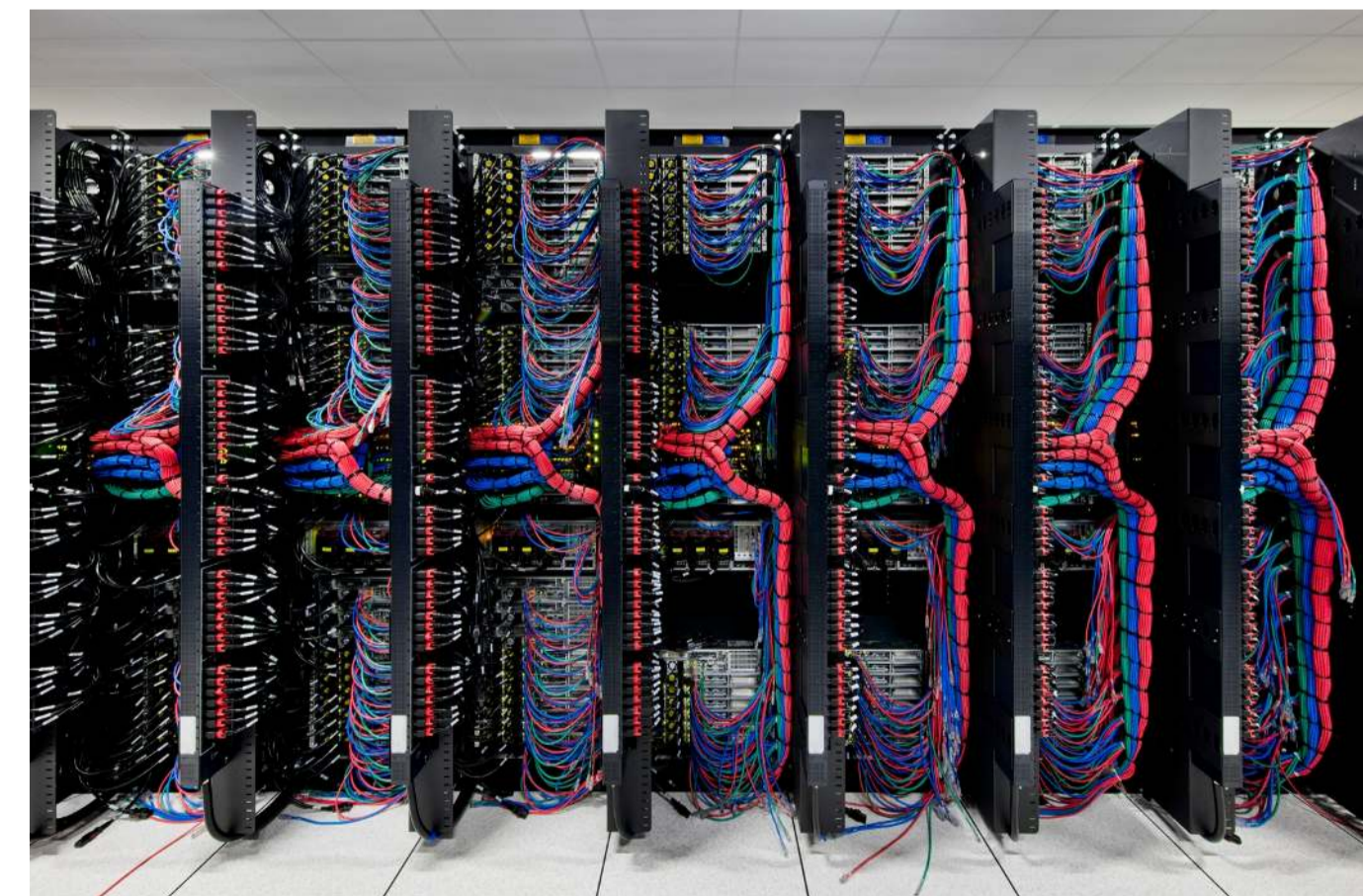
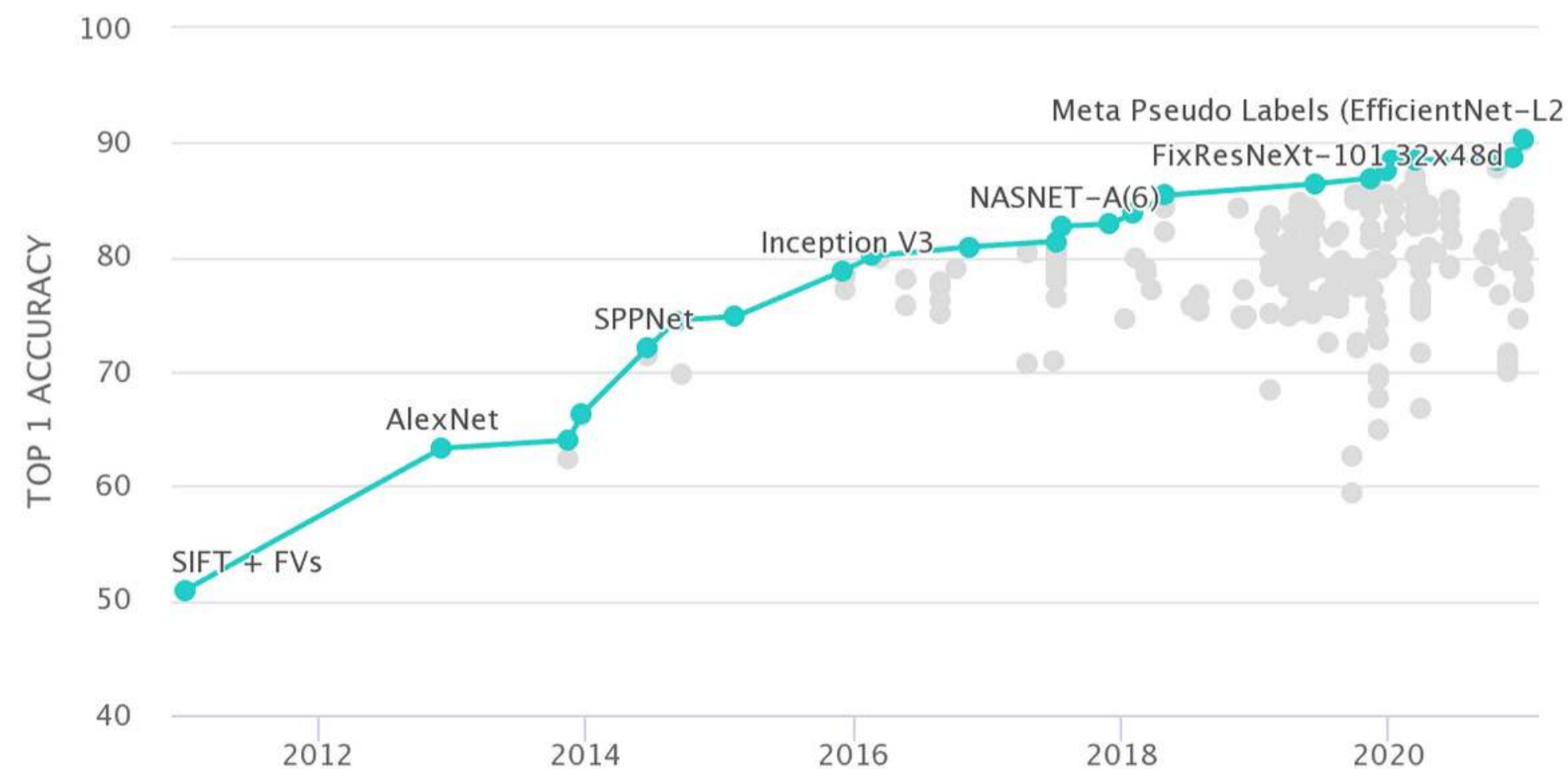
- 6 projets menés à la HEIG-VD, participation à 2 challenges,
- En collaboration avec 4 écoles (l'HEPIA, l'HEIA-FR, l'UNIGE et l'EPFL),
- Et différents acteurs publics ou privés (SIG, canton de Vaud, Région Morges...)



INTRODUCTION ET CONTEXTE

ÉVOLUTION RAPIDE DE L'IA

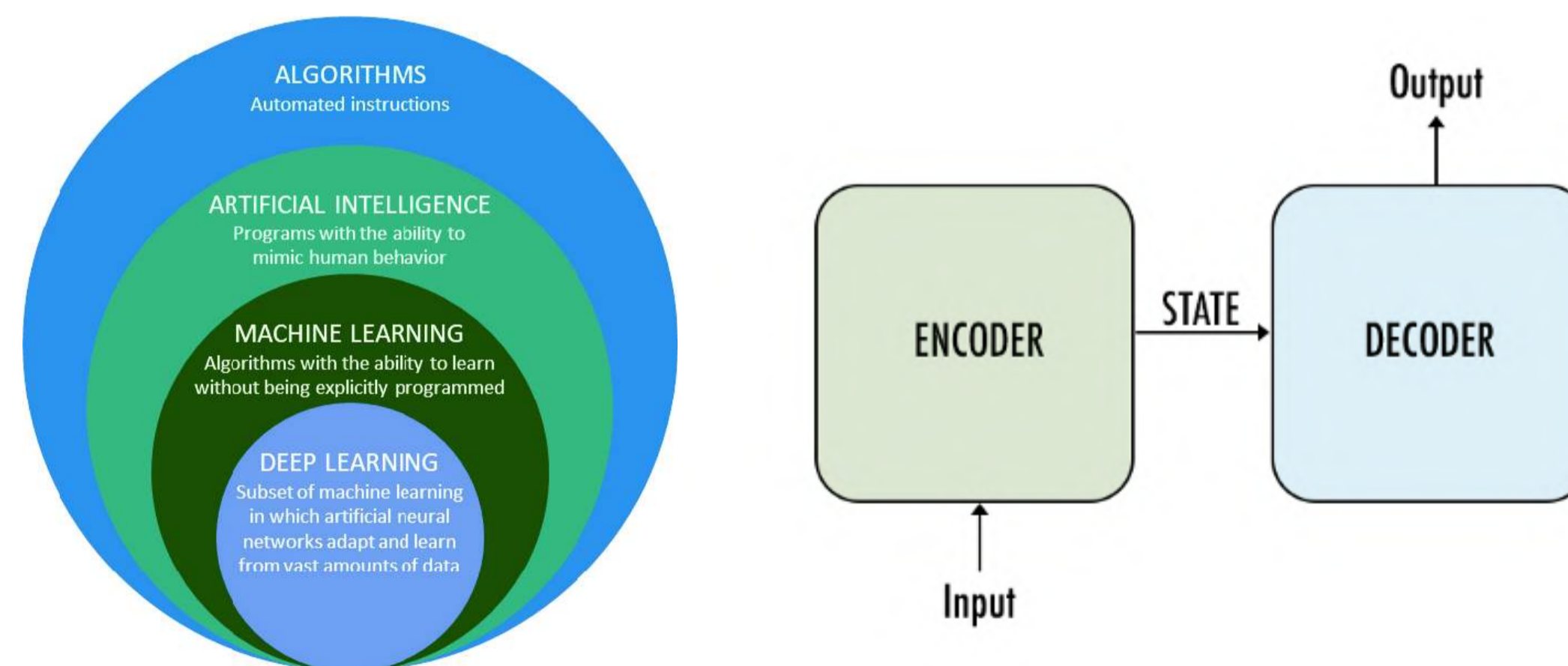
- **1943** - Première utilisation du terme "intelligence artificielle" par Warren McCulloch et Walter Pitts.
- **1956** - Conférence de Dartmouth, considérée comme le point de départ officiel de la recherche en intelligence artificielle.
- **1980s** - Période de l'IA appelée "Hiver de l'IA" en raison du manque de progrès.
- **2010s** - Essor de l'apprentissage profond et des réseaux neuronaux.
- **2012** - **AlexNet** (60 millions de paramètres) remporte le challenge ImageNet (1000 classes - référence pour "classer" les IA).
- **2020** - **GPT-3** (Generative Pre-trained Transformer 3 - 175 milliards de paramètres) est publié par OpenAI.



QU'EST-CE QUE L'IA ?

De manière très simple :

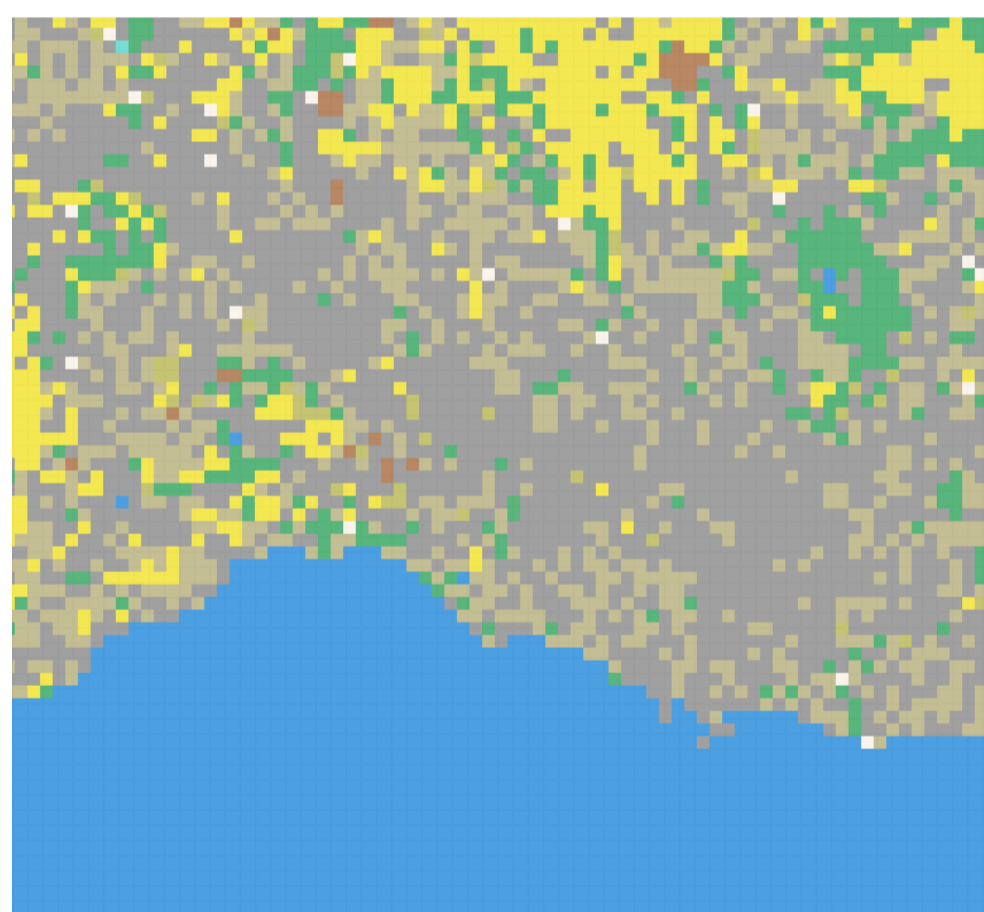
- Une fonction de quelques milliers à plusieurs milliards de paramètres
- Un encodage de l'information puis un décodage
- Langage courant : IA on parle souvent d'apprentissage profond



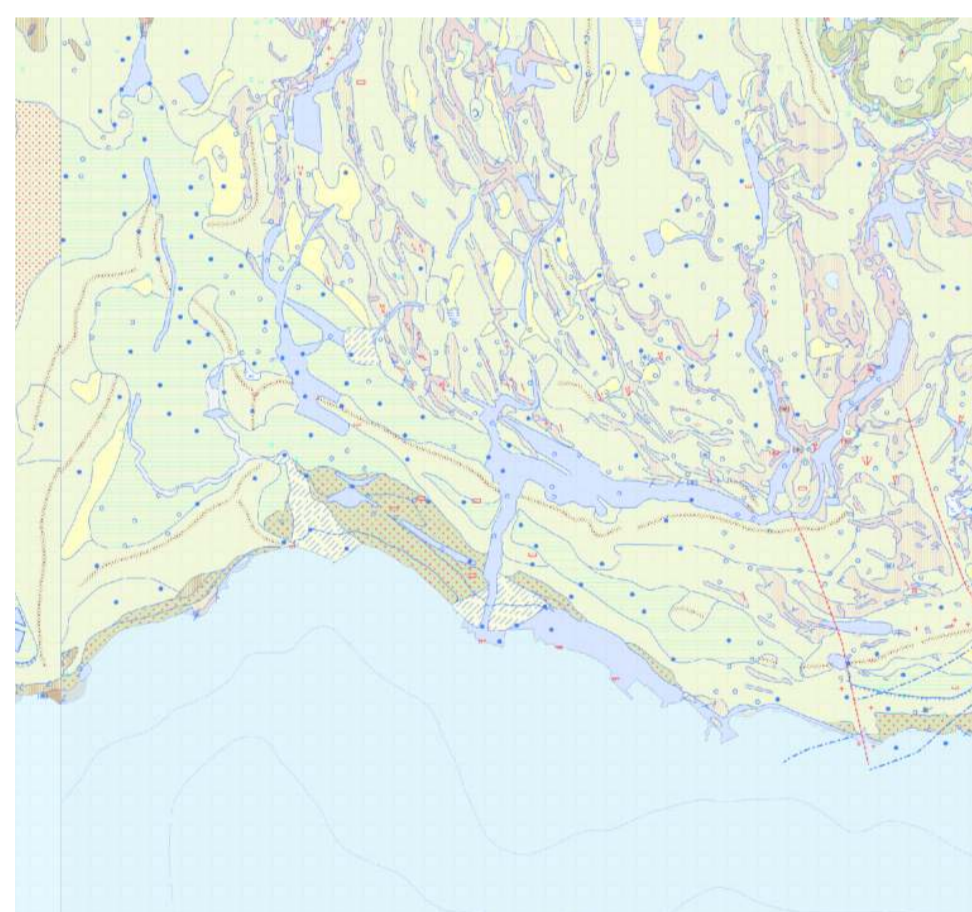
QU'EST-CE QU'ON VEUT FAIRE ?

But : Mettre à jour une BD géographique

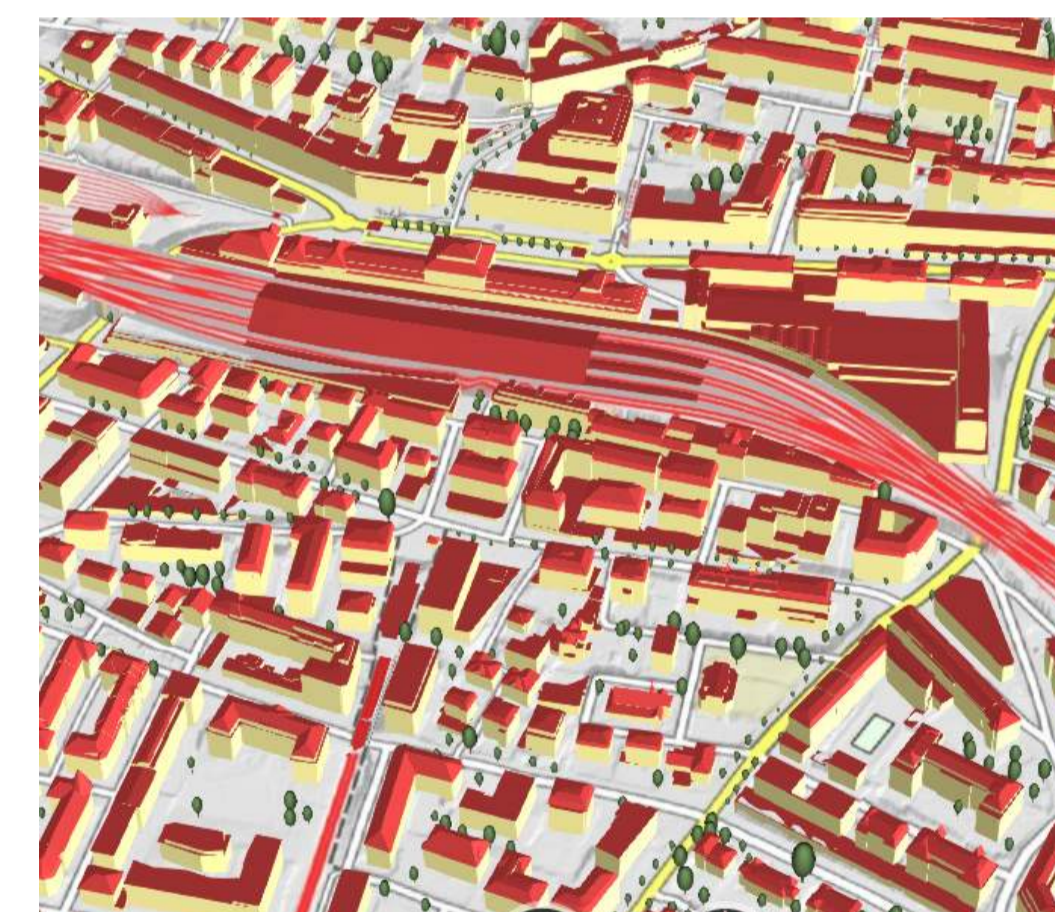
- BD géographique, 3 caractéristiques :
 - Géolocalisée
 - Information organisée - table (généralement BIM ou SIG)
 - Simplification (topologie, généralisation)



Raster



Vectoriel



3D simplifiée

Mise à jour chronophage et onéreuse → utilité d'automatiser

QU'EST CE QU'ON VEUT FAIRE ?

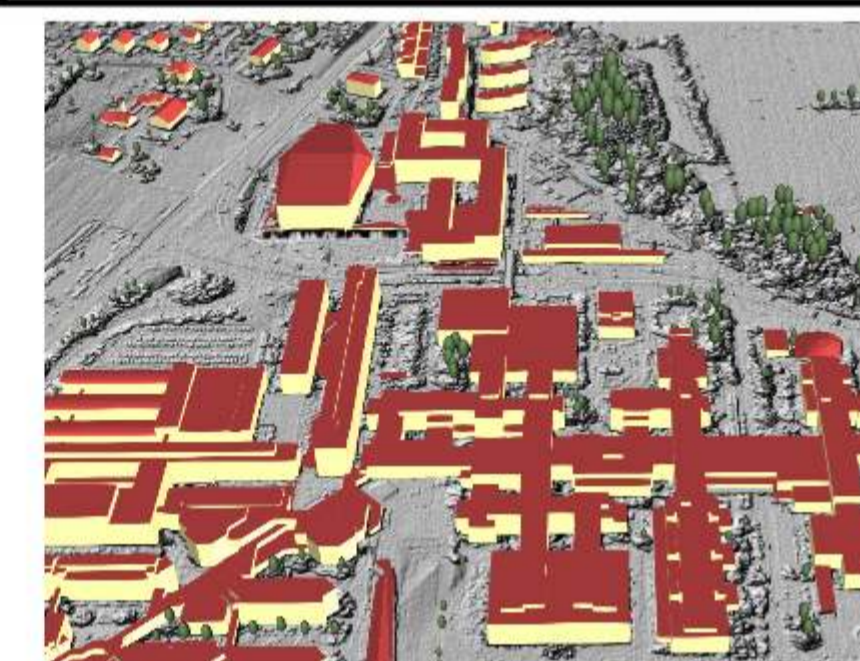
But : Mettre à jour une BD géographique



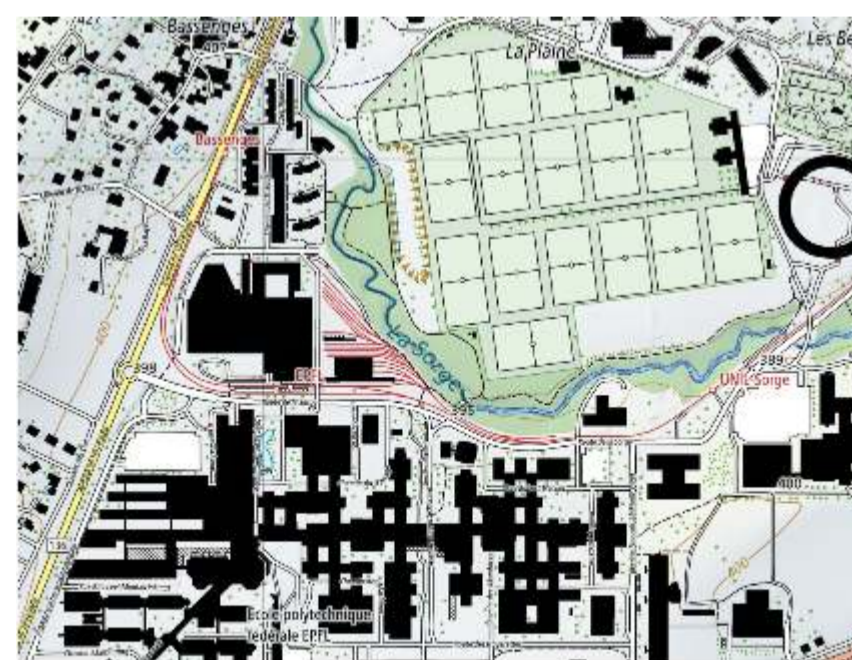
Carte non mise à jour



Images aériennes



3D - LiDAR



Carte mise à jour

Nouvelles données

QU'EST-CE QU'ON VEUT FAIRE ?

But : Mettre à jour une BD géographique

Dans le milieu de la géomatique comment on fait ?

- Mise à jour manuelle
- Des solutions (semi) automatiques commerciales :
 - Picterra (uniquement ortho image)
 - FLAI (uniquement nuage de points)
 - Metashape, Arcgis Pro, Pix4D...
- Ou non commerciales :
 - Différents projets STDL (Swisstopo)
 - Nombreux projets, thèses, labo...
 - Couverture du sol IGN France (France entière tous les 6 mois)

Retour d'expérience : projets menés à la HEIG-VD

QUELLES SONT LES ÉTAPES D'UN PROJET D'IA ??



CHOIX DU TYPE DE DONNÉES

LE CLASSIQUE : L'ORTHO IMAGE

Les ortho images donnent de super résultats !



LE CLASSIQUE : L'ORTHO IMAGE

Les ortho images donnent de super résultats !

Permettent d'obtenir beaucoup d'informations

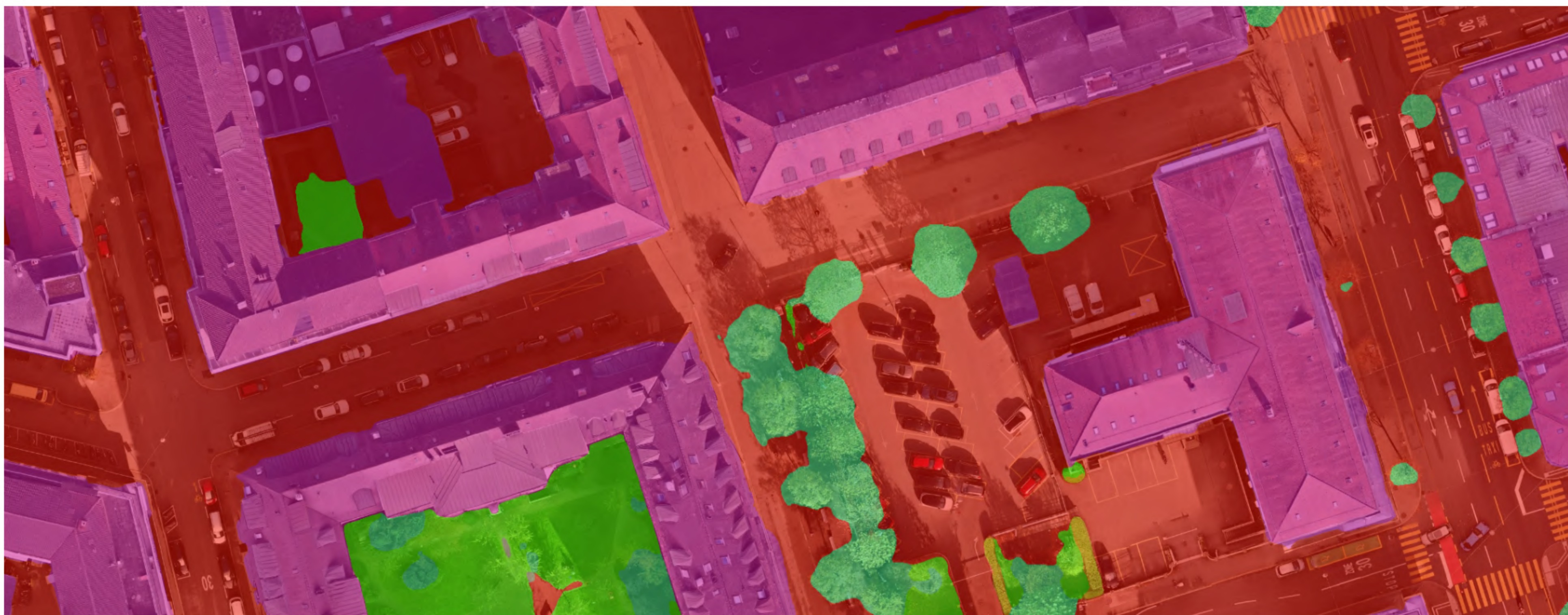


Résultat de notre participation au challenge FLAIR #1, publication LinkedIn.

LE CLASSIQUE : L'ORTHO IMAGE

Les ortho images donnent de super résultats !

Permettent d'obtenir beaucoup d'informations



Résultat de notre participation au challenge FLAIR #1, publication LinkedIn.

.. Mais la végétation et les bâtiments cachent beaucoup d'éléments !

L'ÉVOLUTION : LES IMAGES OBLIQUES

Aujourd'hui, les images obliques sont faciles à acquérir et peu chères.



Permettent d'avoir de multiples points de vue !



L'ÉVOLUTION : LES IMAGES OBLIQUES

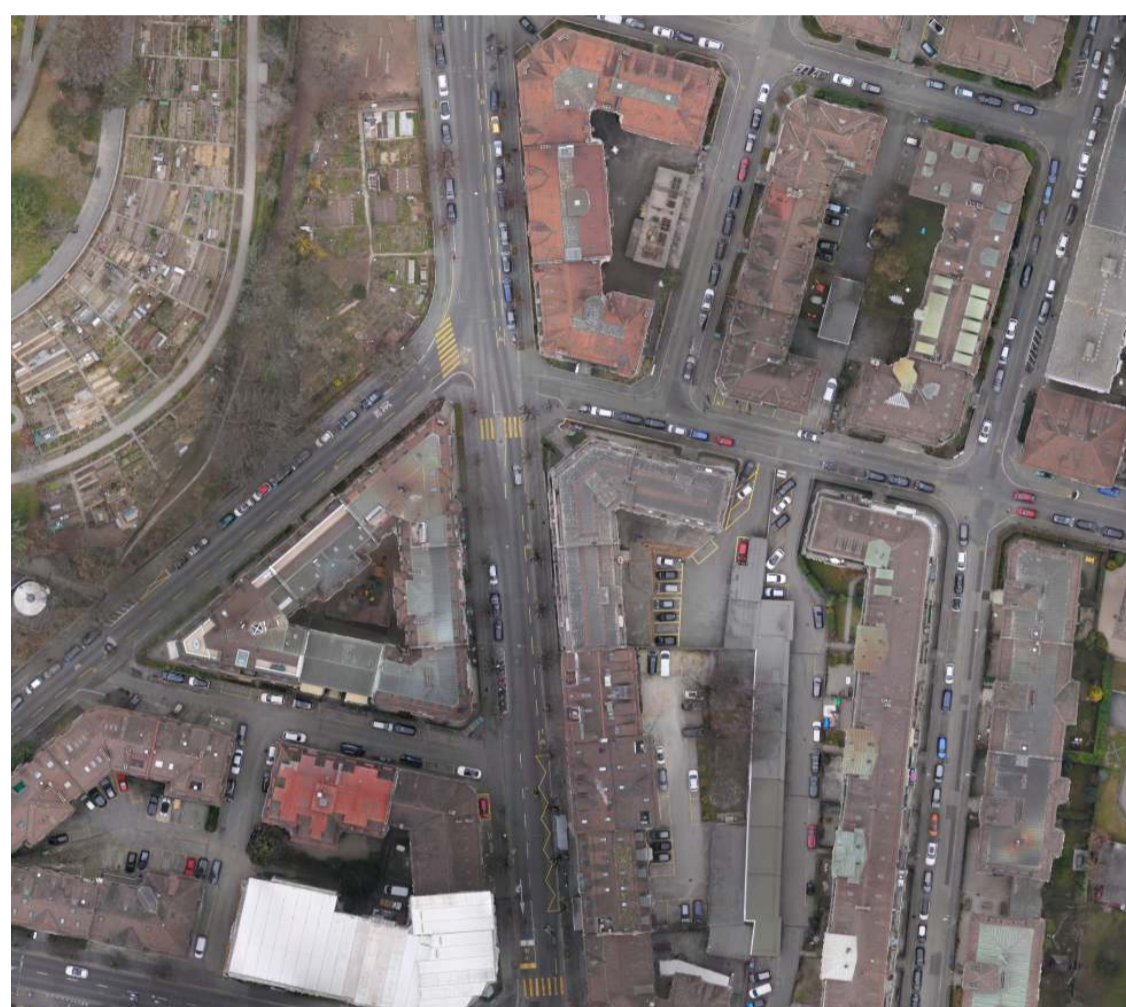


ET LE LIDAR?

- Information géométrique supplémentaire,
- "Voir" à travers la végétation, multi échos



RÉCAPITULATIF TYPES DE DONNÉES



Ortho images

Pros : facile à utiliser, grande quantité de données existantes (flux WMS)

Cons : moins de visibilité sur les objets



Images obliques

Pros : meilleure visibilité sous tous les angles des objets, possibilité projection 3D

Cons : utilisation plus complexe, échelle des objets



3D nuage de points

Pros : utilisation de la géométrie des objets, plusieurs retours (LiDAR)

Cons : utilisation bien plus complexe, préparation spécifique des données

CHOIX DES CLASSES

COMMENT CHOISIR SES CLASSES ?

BD à mettre à jour : exemple de la couverture du sol de la MO

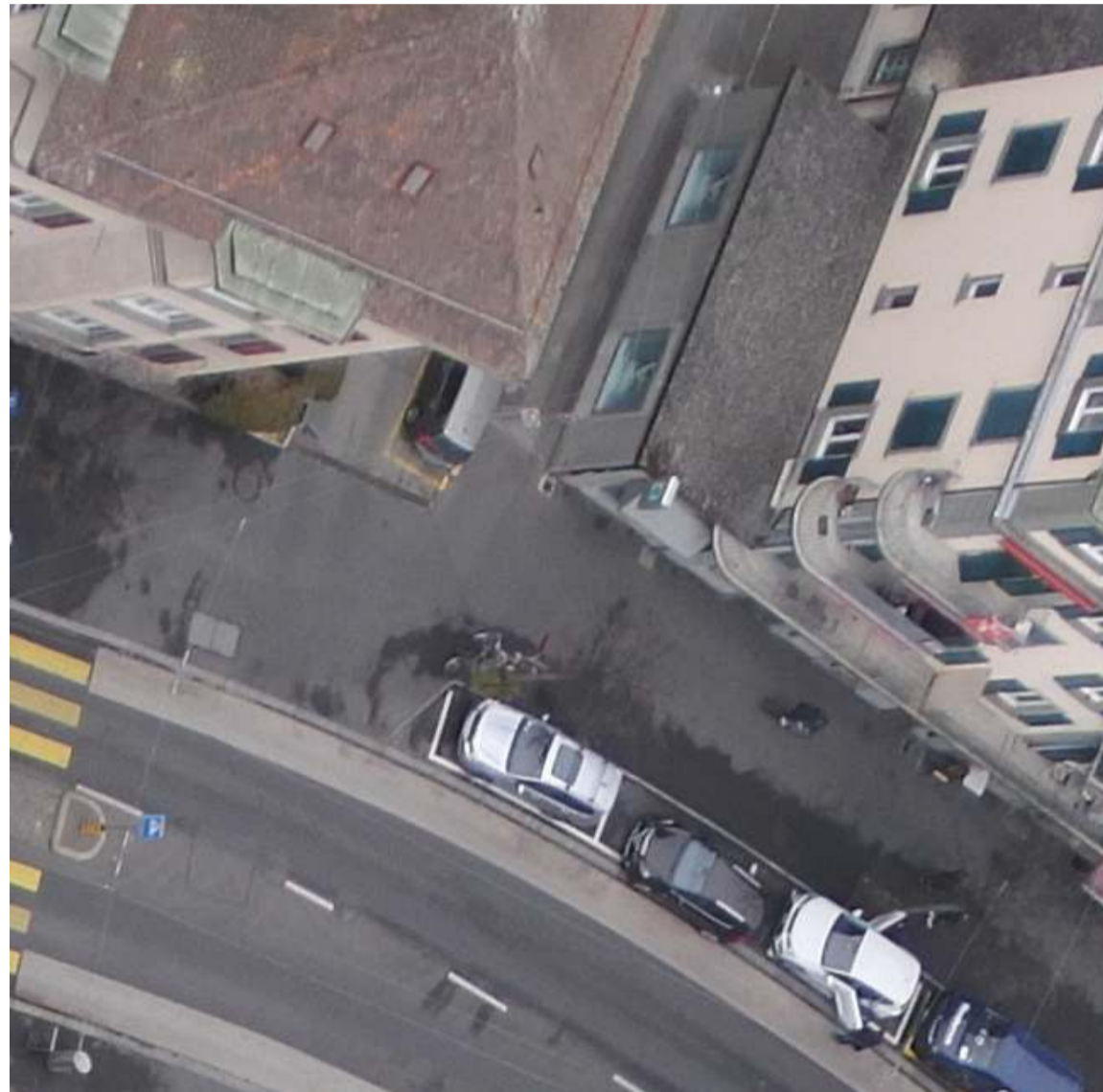
Class	Number of pixels	% of total
Building	11.1 B	36.88
Garden	10.0 B	33.22
Access	1.8 B	5.98
Road	4.9 B	16.28
Pavement	0.95 B	3.16
Railway	0.85 B	2.82
Forest	0.48 B	1.59
Basin	0.008 B	0.03
Road island	0.016 B	0.05

2 problématiques envisageables :

1. Confusion entre couverture et usage du sol
2. Sous représentation de certaines classes

COMMENT CHOISIR SES CLASSES ?

1ère problématique confusion usage et couverture :



Trottoir vs Route



Accès vs Jardin

- Est-ce que le contexte permet de différencier visuellement ?
 - Vraiment oui : Bon espoir
 - Peut-être, mais ambiguë : Mauvais résultats

COMMENT CHOISIR SES CLASSES ?

2ème problématique certaines classes sous-représentées :

- Fusion de classes - poids lors de l'entraînement
- Amélioration du jeu de données :
 - Création de données supplémentaires ciblées (coûteux)
 - Données synthétiques mises dans différents contextes



Résultat de la génération automatique de données synthétiques (stage d'Hadrien Desclos)

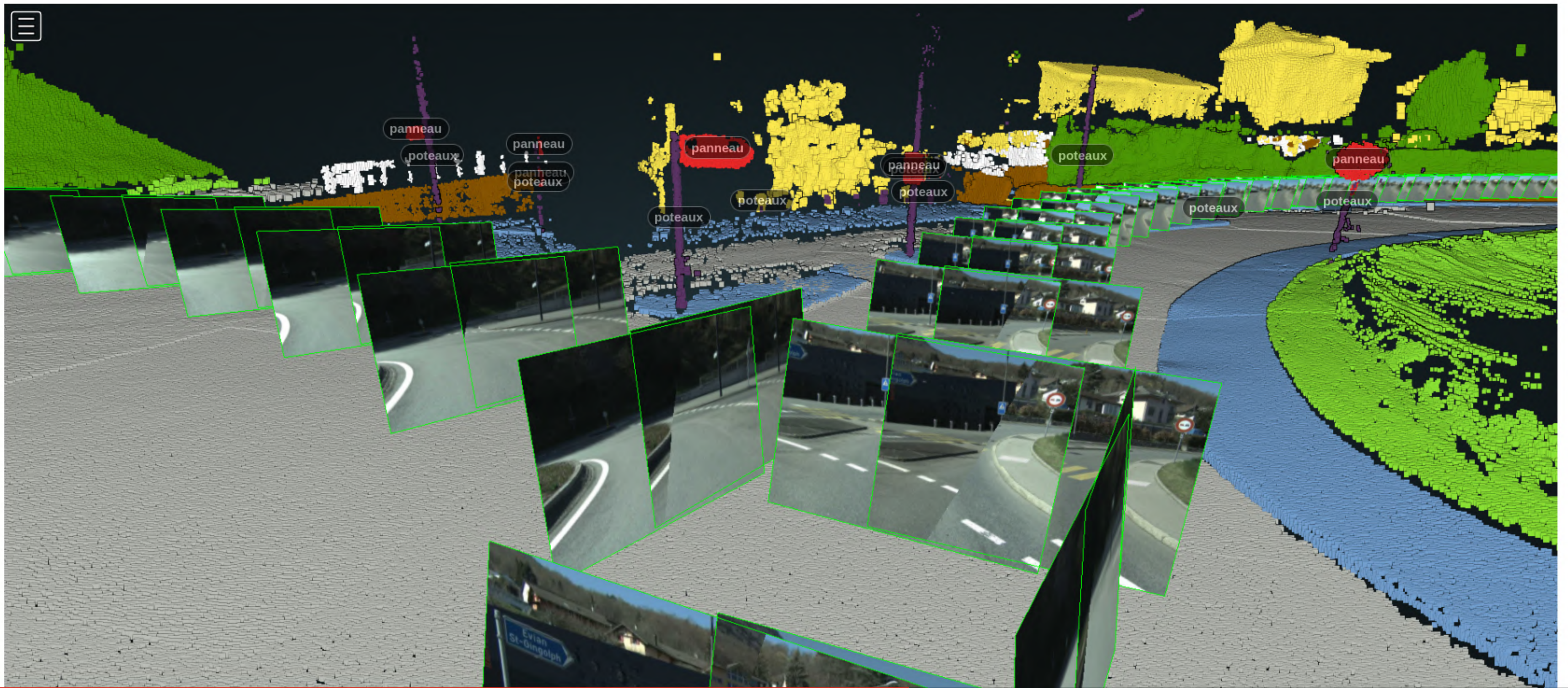
CRÉATION JEU DE DONNÉES

MAIS EST-CE QUE VOUS AVEZ VRAIMENT BESOIN D'UN JEU DE DONNÉES?

Ce projet sera présenté en détail à la veille géomatique le 6 février à la HEIG-VD par Jason Bula

Architecture : ViT-Adapter-L

Pré-entraînement : Jeu de données Cityscapes



CRÉER DE LA DONNÉE ?

Problématique : Nouvelles architectures nécessitent de plus en plus de données, comment faire ?

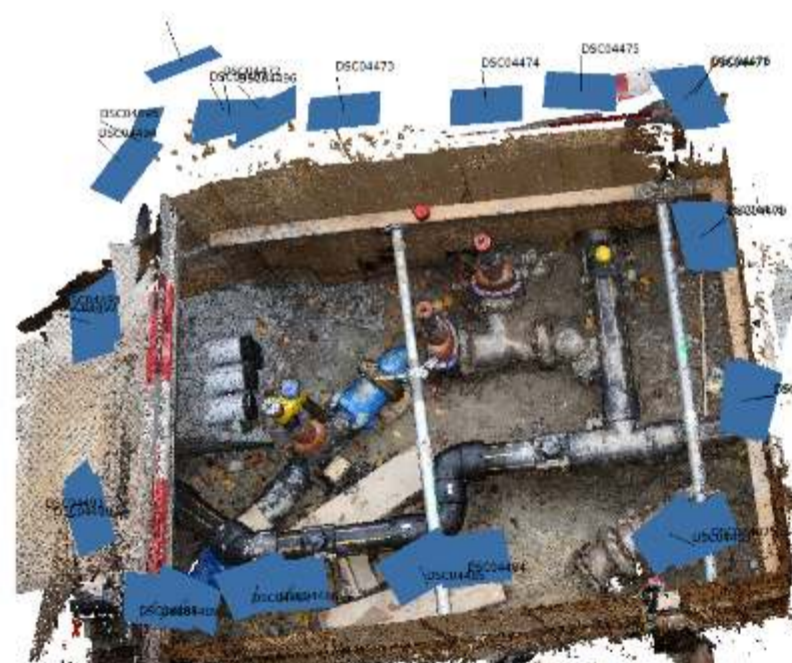
1. **Pré entraîner** sur données non labellisées (self supervised learning) - plusieurs millions d'images
 - Permet d'apprendre la représentation d'une image sans notion de classes
2. **Création jeu de données labellisées** - nécessaire pour extraire les classes personnalisées - plusieurs milliers d'images

Problématique pour constituer un jeu de données labellisé :

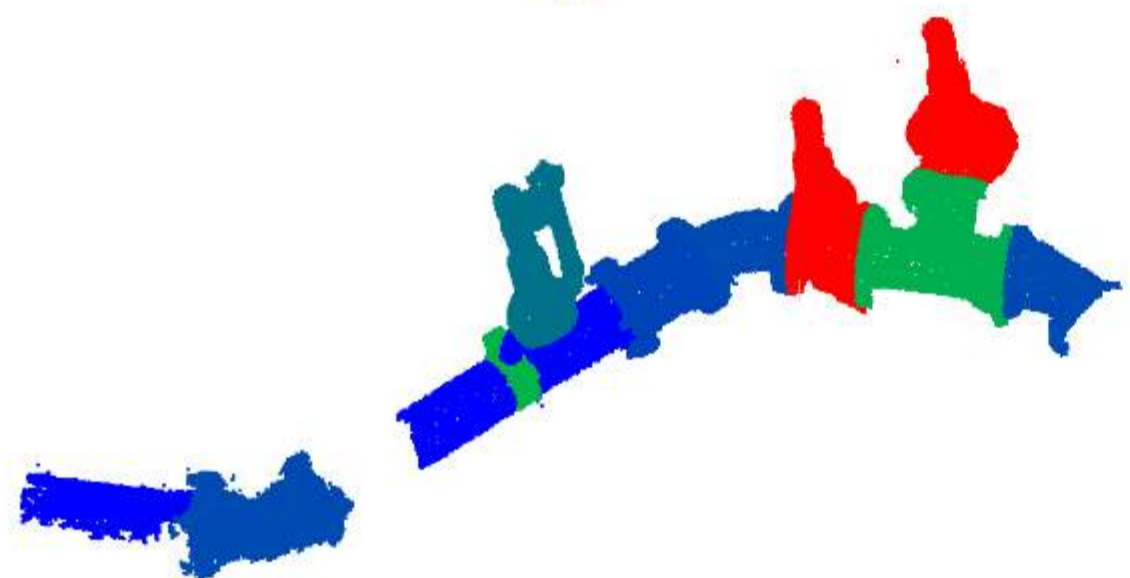
- Chronophage, coût élevé, comment réduire le côté manuel ?
 1. Jeux de données **déjà existant** ?
 2. Croiser avec de la **donnée existante**
 3. Méthode de **labellisation semi-automatique**

MÉTHODE DE LABELLISATION RAPIDE DÉVELOPPÉE À LA HEIG-VD

Labelliser manuellement si nécessaire



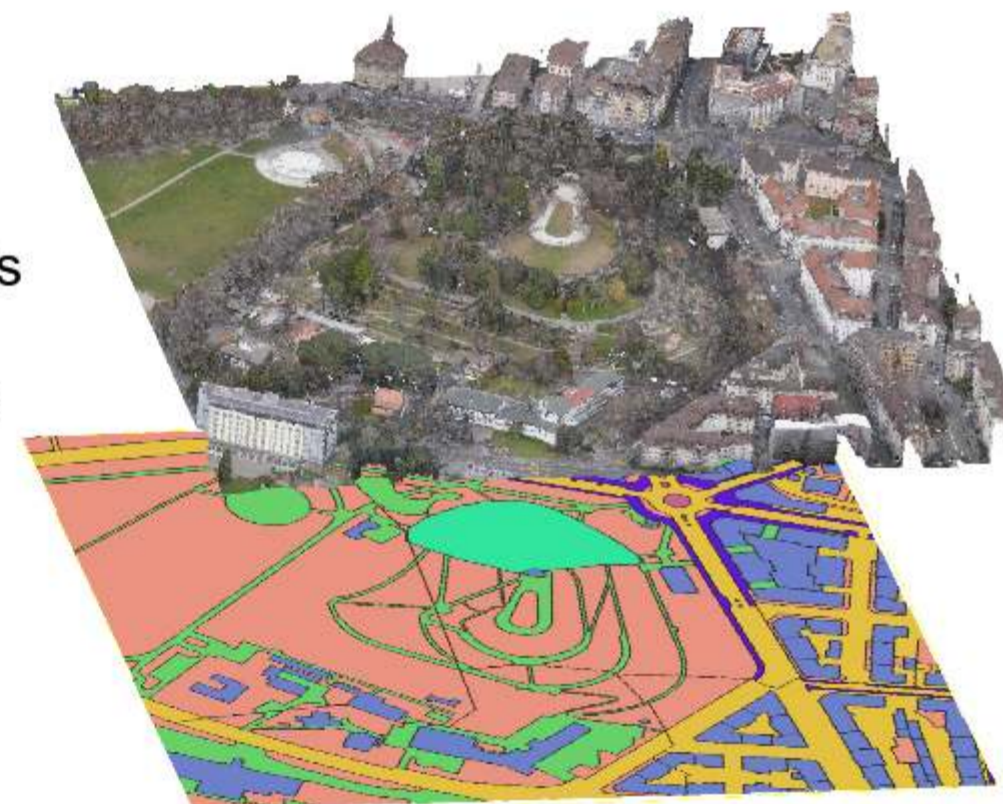
Nuage de points
+
travail manuel



Nuage de
points
labellisé

Labelliser automatiquement si possible

nuage de points
+
BD cadastrale

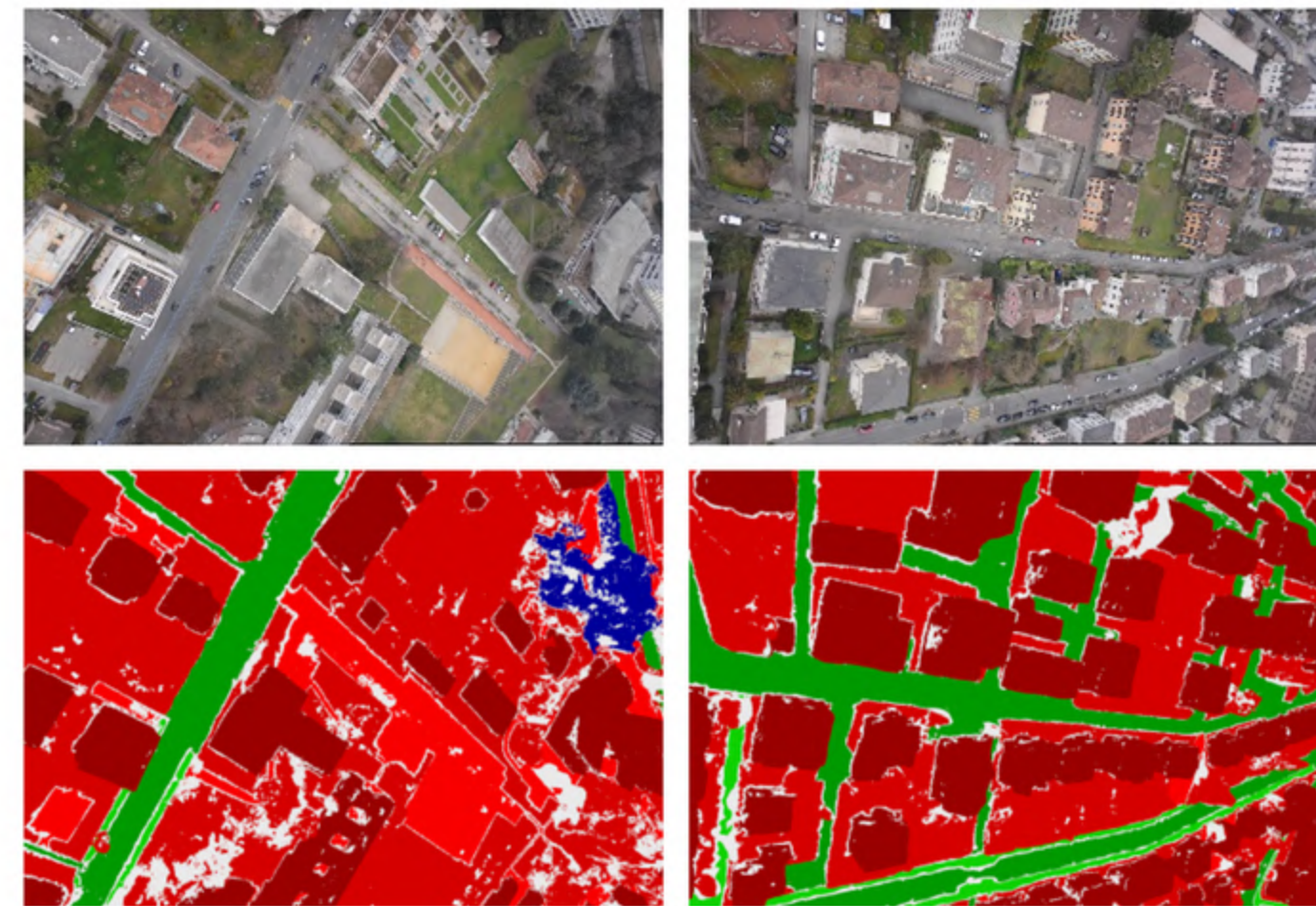
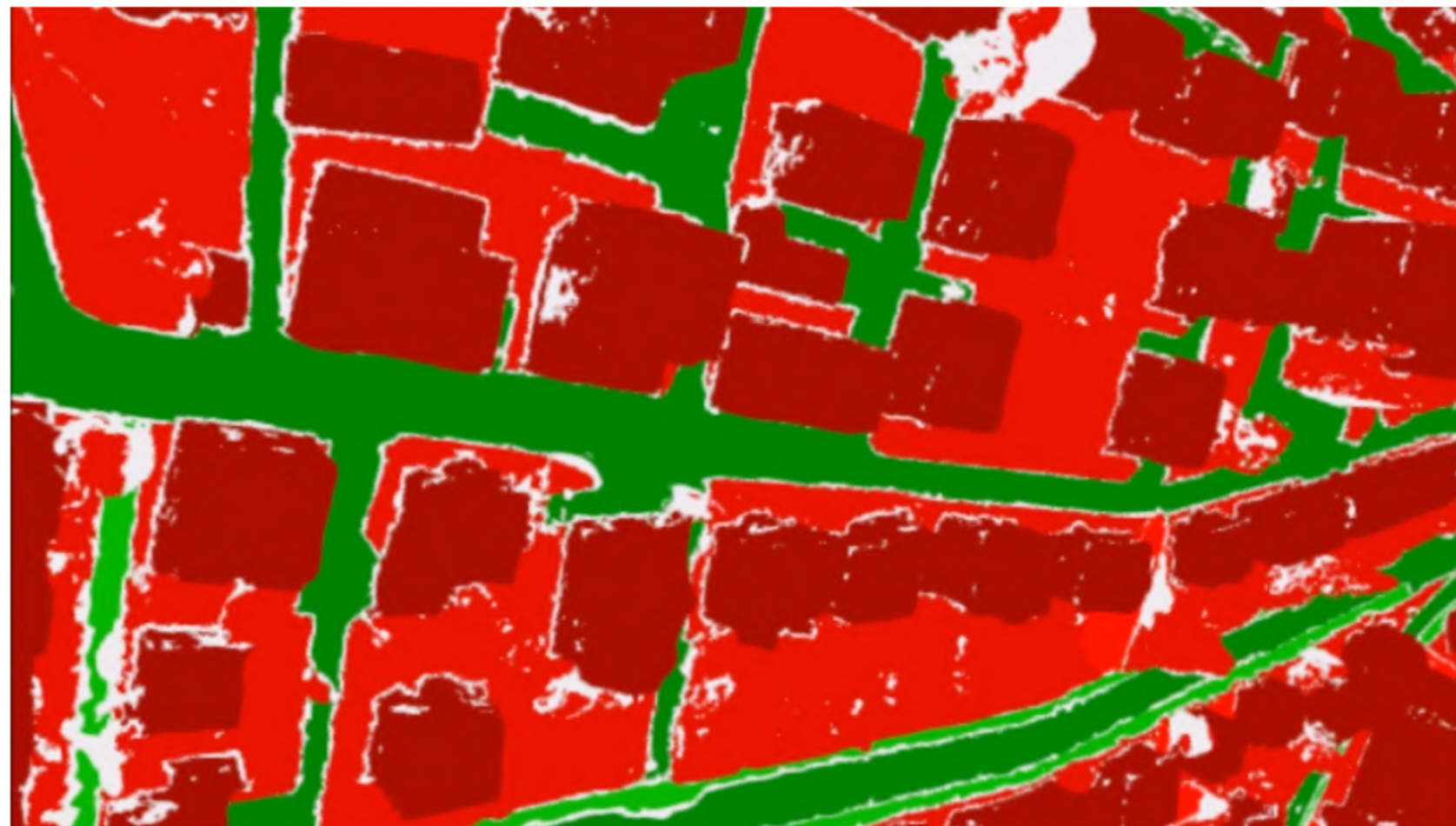


Nuage de
points
labellisé

REPROJECTION DES CLASSES DANS LES IMAGES ORIENTÉES

1700 images obliques à labelliser → 35 jours de travail manuel!

Entièrement automatisé en plaçant des caméras virtuelles aux positions/orientations des caméras réelles sur le mesh labellisé



CHOIX DE L'ARCHITECTURE/ENTRAÎNEMENT

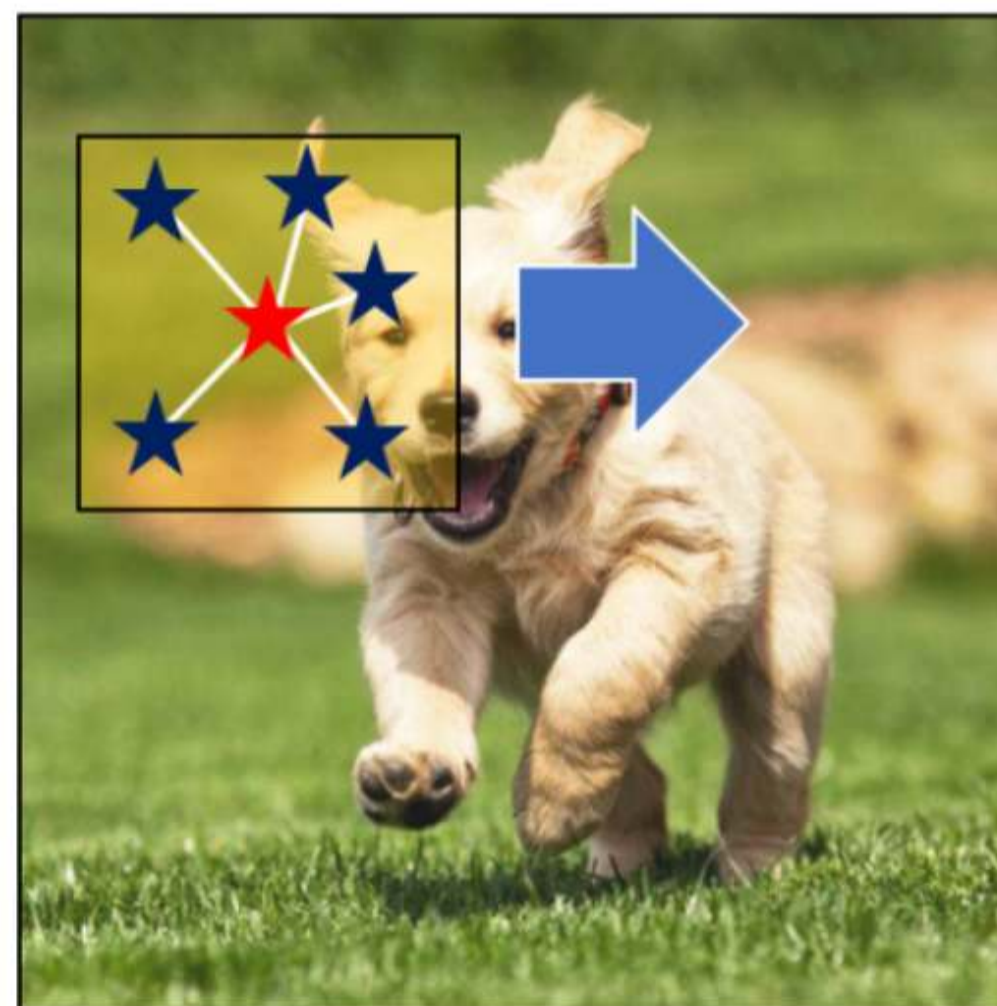
CHOISIR UNE ARCHITECTURE

Deux grandes familles :

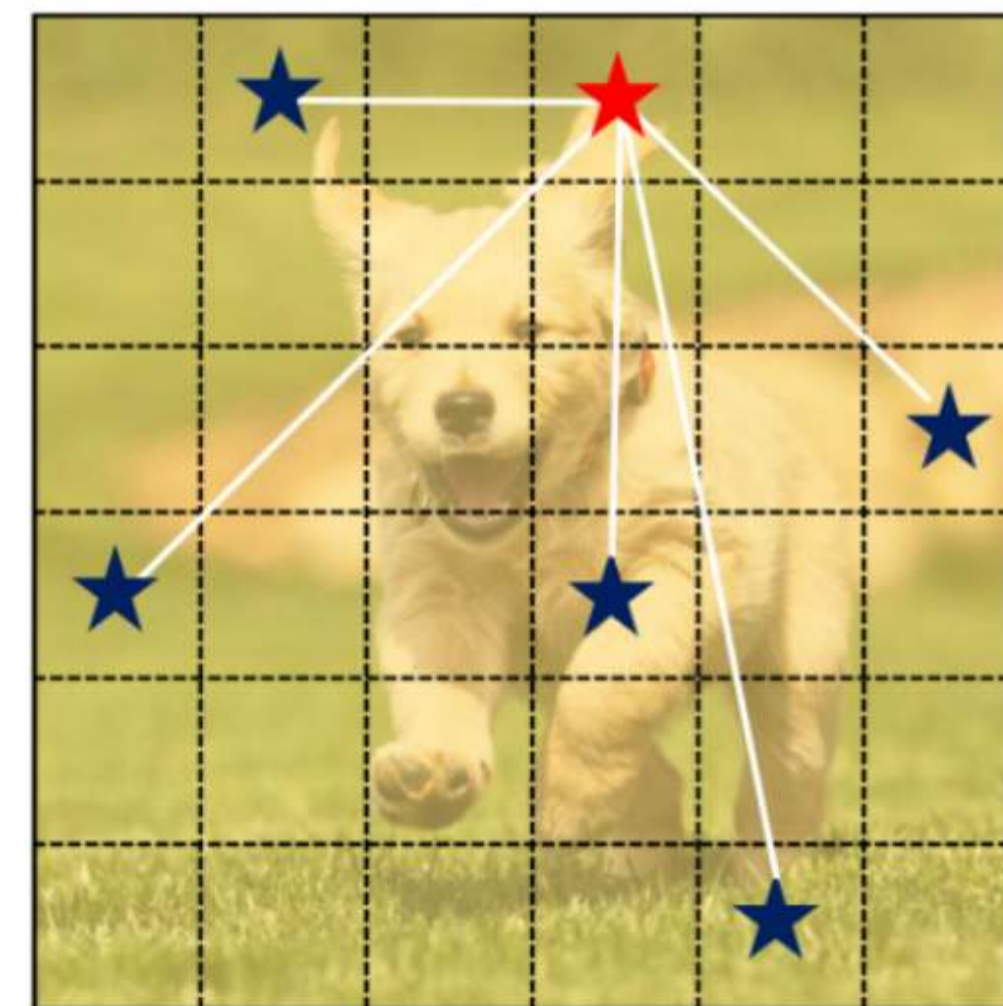
- Réseaux de neurones convolutifs, CNN (Yann LeCun : années 1980, UNet : 2015, ResNet : 2015)
- Vision Transformer, ViT (2020), utilisé dans deux projets à la HEIG

Différence fondamentale :

- L'attention, c'est tout ce dont vous avez besoin



Convolution of CNN



Attention of Vision Transformer

Figure tirée de Baek et al., Visual Transformer Meets CutMix for Improved Accuracy, Communication Efficiency, and Data Privacy in Split Learning, 2022.

CHOISIR UNE ARCHITECTURE ADÉQUATE !

Tests effectués sur des challenges :

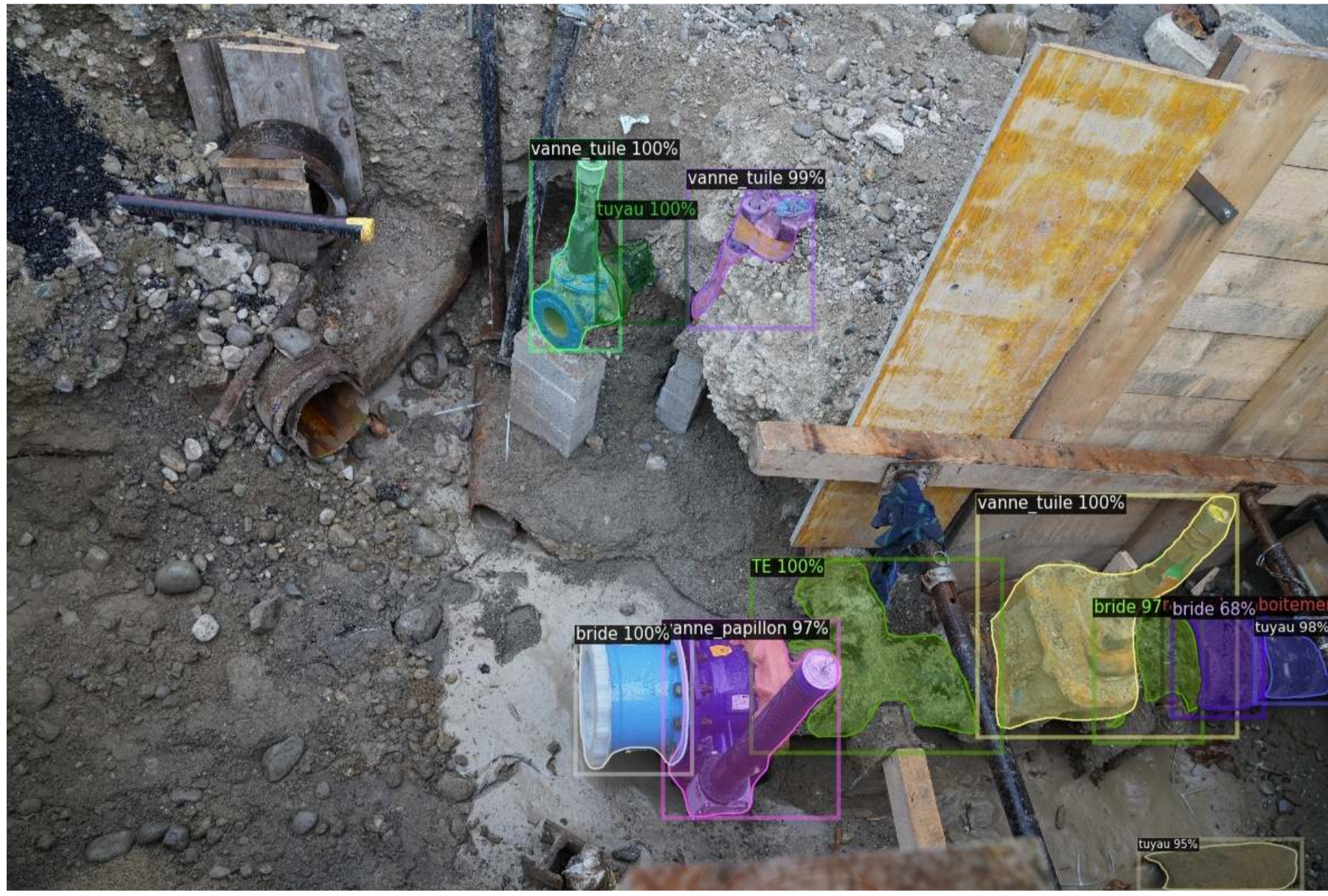
- **Nouvelle architecture** : ResNet (60M) vers ViT-Base (100M) : 4% de gain sur la mIoU
- **Architecture plus profonde** : ViT-Base (100M) vers ViT-Large (350M) : 2% de gain sur la mIoU
- **Ajouter de l'information** : IR, MNS et métadonnées
 - Aucun gain, pas assez de données
 - Work in progress, collaboration avec le STDL

Tentation des meilleures architectures (plusieurs milliards de paramètres) :

- **Attention** à la quantité de données nécessaire
- Contrainte de temps d'inférence vs production

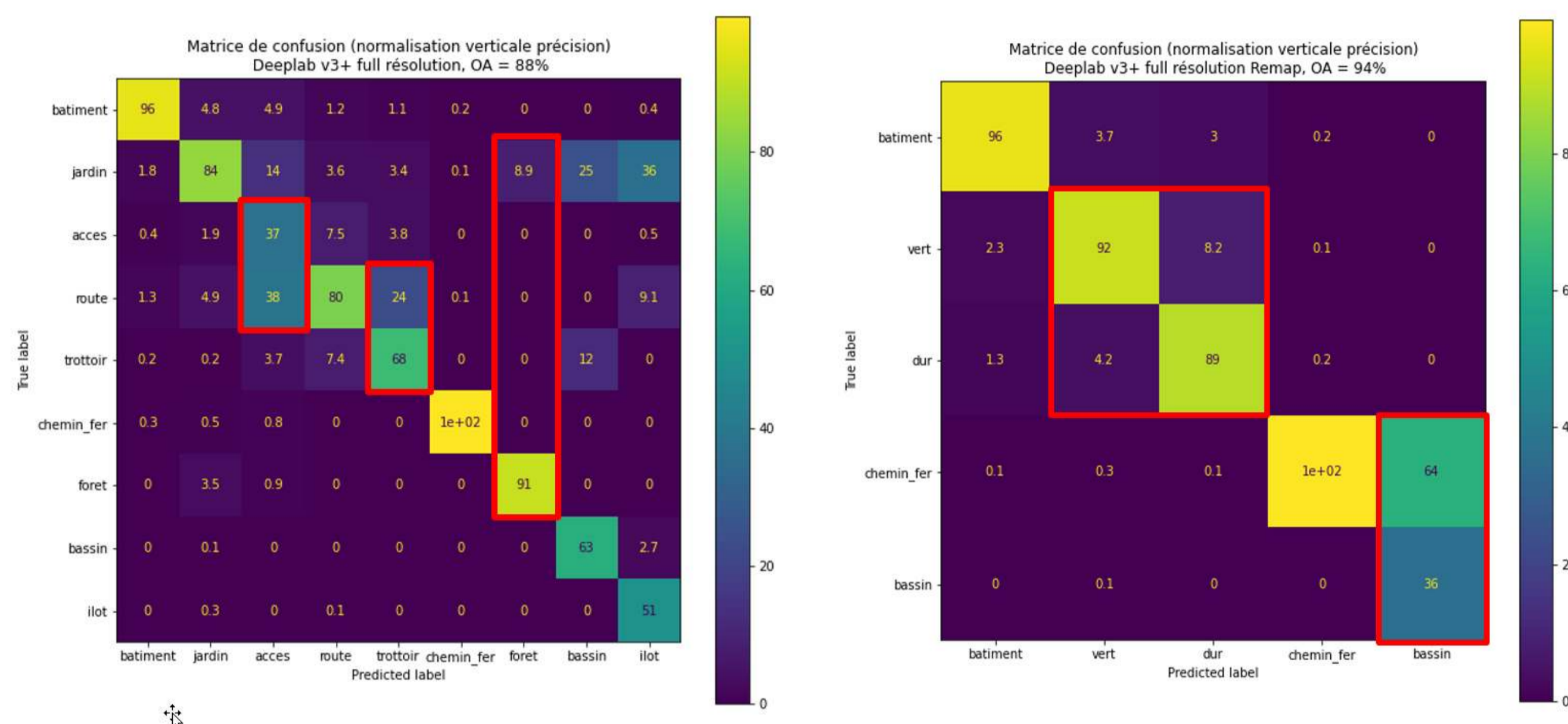
EVALUATION DES RÉSULTATS

ANALYSE QUALITATIVE VISUELLE



ANALYSE QUANTITATIVE STATISTIQUE

- IA donne des scores, utilisation de ces scores (à quelle point l'algo est sûr de lui)
- Matrices de confusion sur les résultats
- Taux de rappel, Précision, mIoU (permet de "combiner" les deux)

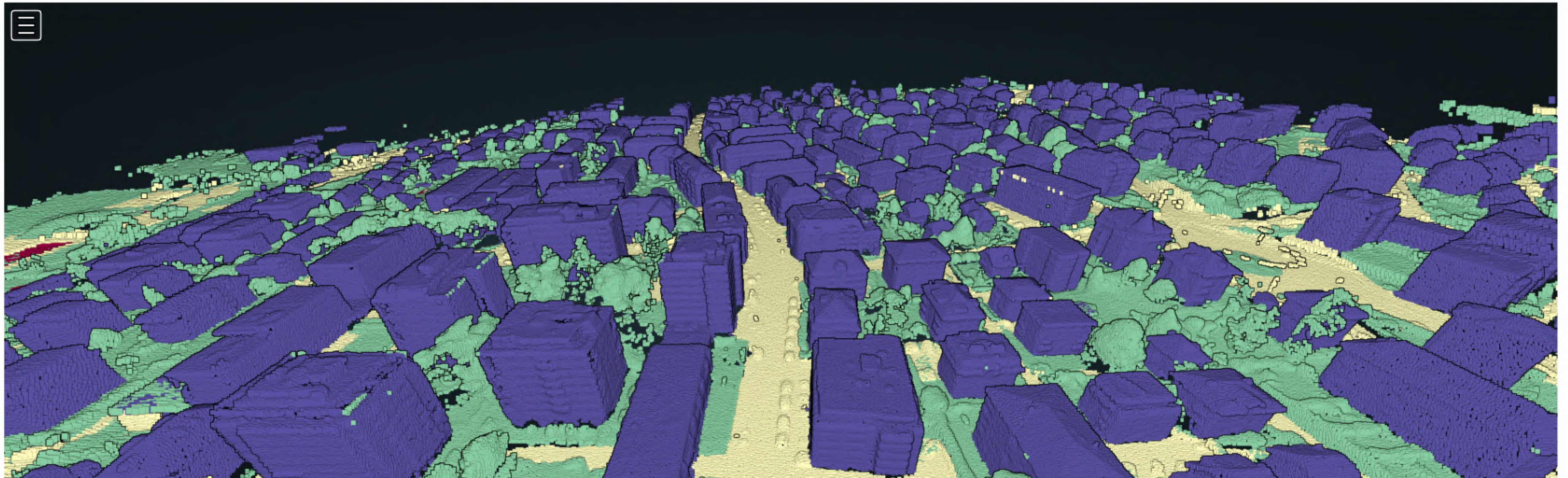


Analyse des confusions :

- Usage vs couverture
- Sous représentation

- Analyse plus facile sur des images que sur de la 3D
 - Nuage de points non structuré, comparaison point à point nécessaire
 - Mauvaise qualité géométrique de la reconstruction 3D par photogrammétrie

	Rappel (%)	Précision (%)
Bâtiments	95.7	94.8
Végétation	80.7	81.1
Surface dures	87.6	87.1
Chemin de fer	92.5	86.0



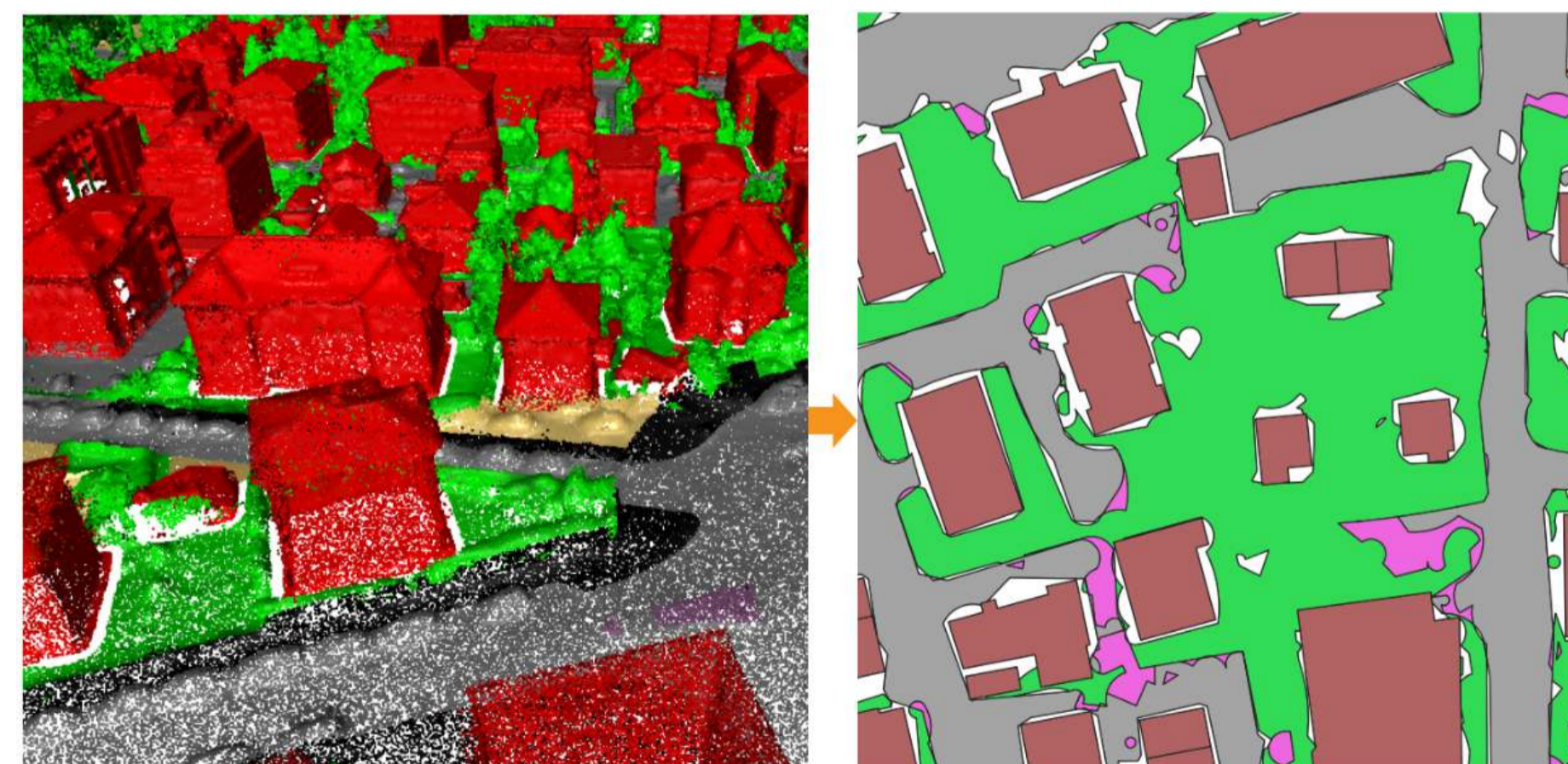
BESOIN DE VECTORISATION ?

Pour une BD vectorielle : transformer ces classifications en points/vecteurs/polygones

- Vectorisation
- Généralisation
- Génération des attributs nécessaires
- Des cas plus simples que d'autres ...



Projet RAR



Projet MPD

CONCLUSION

CONCLUSION

Apports :

- Gain de temps significatif
- Résultats intéressants

Limitations :

- Apprentissage complexe à mettre en place
- Données : chronophage et coûteux

Perspectives :

- Un domaine évoluant très vite
- Doctorat : utilisation de la 3D et des images pour tirer le meilleur parti des deux

OUVERTURE

Nous sommes ouverts à la collaboration et aux échanges

Question sociologique :

- Réticence du métier manuel à laisser une place à de l'automatisation
- Travail nécessaire d'accompagnement

L'IA prendra de plus en plus de place à l'avenir, le côté humain restera important en géomatique

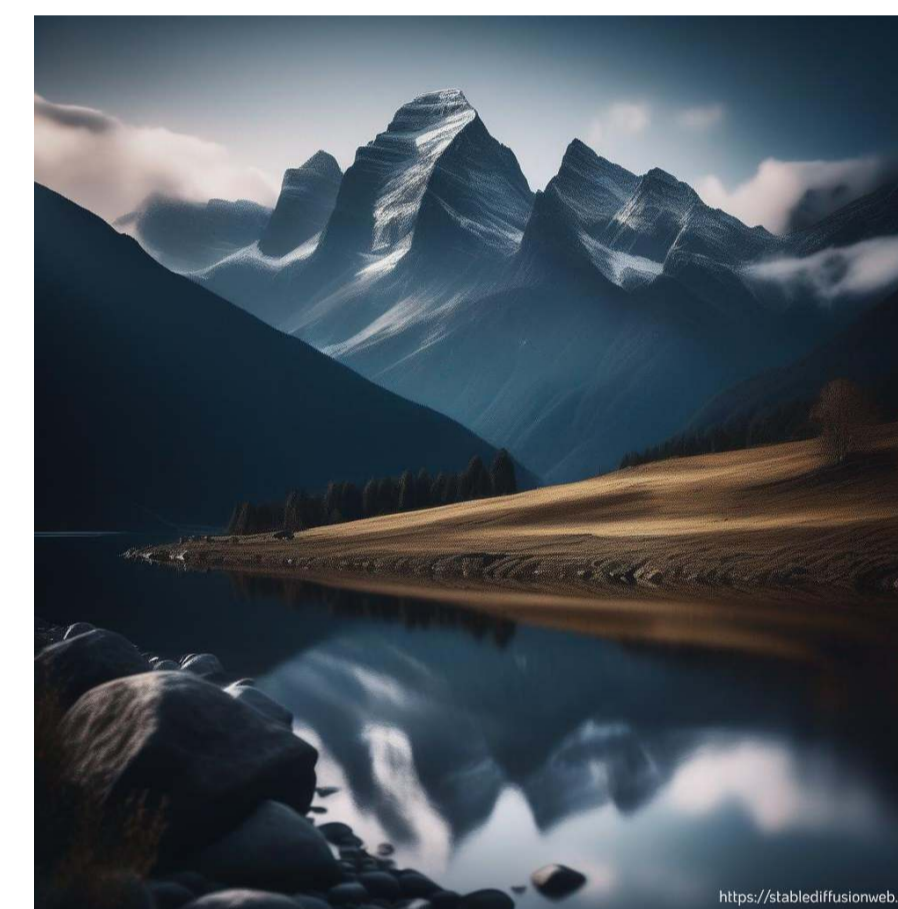
MERCI POUR VOTRE ATTENTION !



Ama Dablam (Népal)



Cervin (Suisse)



The most beautiful mountain in the world
(générée par Stable Diffusion)