

# Détection d'objets sur image aérienne en régime few-shot.

---

Hicham TALAOUBRID

## Encadrants :

- Anissa MOKRAOUI (USPN, L2TI, directrice de thèse)
- Ismail BEN AYED (ETS Montréal, LIVIA, co-directeur de thèse)
- Rémi HARVEY (COSE, co-encadrant)

Comité de suivi  
4 Octobre 2024



# Sommaire

- 1. Introduction à la détection d'objets few-shot**
- 2. Étude et analyse des performances de la détection d'objets few-shot cross-domain**
- 3. Contributions scientifiques**
- 4. Formations**
- 5. Travaux futurs**

## 1.1 Principe de la détection d'objets

### Principe de la détection d'objets

Étant donné un ensemble de classes  $\mathcal{C}$ , il s'agit de trouver toutes les occurrences d'objets appartenant à une classe  $c \in \mathcal{C}$  dans une image  $I$ . Chaque objet est représenté par  $(x_1, y_1, x_2, y_2, c)$ .

## 1.1 Principe de la détection d'objets

### Principe de la détection d'objets

Étant donné un ensemble de classes  $\mathcal{C}$ , il s'agit de trouver toutes les occurrences d'objets appartenant à une classe  $c \in \mathcal{C}$  dans une image  $I$ . Chaque objet est représenté par  $(x_1, y_1, x_2, y_2, c)$ .



Image d'entrée  $I$

## 1.1 Principe de la détection d'objets

### Principe de la détection d'objets

Étant donné un ensemble de classes  $\mathcal{C}$ , il s'agit de trouver toutes les occurrences d'objets appartenant à une classe  $c \in \mathcal{C}$  dans une image  $I$ . Chaque objet est représenté par  $(x_1, y_1, x_2, y_2, c)$ .



Image d'entrée  $I$

$$\mathcal{C} = \{\text{Terrain de baseball, Piscine, Piste d'athlétisme}\}$$

## 1.1 Principe de la détection d'objets

### Principe de la détection d'objets

Étant donné un ensemble de classes  $\mathcal{C}$ , il s'agit de trouver toutes les occurrences d'objets appartenant à une classe  $c \in \mathcal{C}$  dans une image  $I$ . Chaque objet est représenté par  $(x_1, y_1, x_2, y_2, c)$ .



Image d'entrée  $I$

$$\mathcal{C} = \{\text{Terrain de baseball, Piscine, Piste d'athlétisme}\}$$

## 1.1 Principe de la détection d'objets

### Principe de la détection d'objets

Étant donné un ensemble de classes  $\mathcal{C}$ , il s'agit de trouver toutes les occurrences d'objets appartenant à une classe  $c \in \mathcal{C}$  dans une image  $I$ . Chaque objet est représenté par  $(x_1, y_1, x_2, y_2, c)$ .



Image d'entrée  $I$



Résultats de la détection

$$\mathcal{C} = \{\text{Terrain de baseball, Piscine, Piste d'athlétisme}\}$$

## 1.2 Principe de la détection d'objets few-shot

### Détection d'objets $n$ -way $k$ -shot

Étant donné des exemples de support  $\{(x_1, a_1), \dots, (x_{nk}, a_{nk})\}$ , il s'agit de détecter toutes les occurrences des classes dans  $\mathcal{C}$  ( $|\mathcal{C}| = n$ ) dans une image de requête  $x_q$ .

En règle générale,  $k$  est compris entre 1 et 50.

## 1.2 Principe de la détection d'objets few-shot

### Détection d'objets $n$ -way $k$ -shot

Étant donné des exemples de support  $\{(x_1, a_1), \dots, (x_{nk}, a_{nk})\}$ , il s'agit de détecter toutes les occurrences des classes dans  $\mathcal{C}$  ( $|\mathcal{C}| = n$ ) dans une image de requête  $x_q$ . En règle générale,  $k$  est compris entre 1 et 50.



Query image

## 1.2 Principe de la détection d'objets few-shot

### Détection d'objets *n-way k-shot*

Étant donné des exemples de support  $\{(x_1, a_1), \dots, (x_{nk}, a_{nk})\}$ , il s'agit de détecter toutes les occurrences des classes dans  $\mathcal{C}$  ( $|\mathcal{C}| = n$ ) dans une image de requête  $x_q$ . En règle générale,  $k$  est compris entre 1 et 50.



Query image

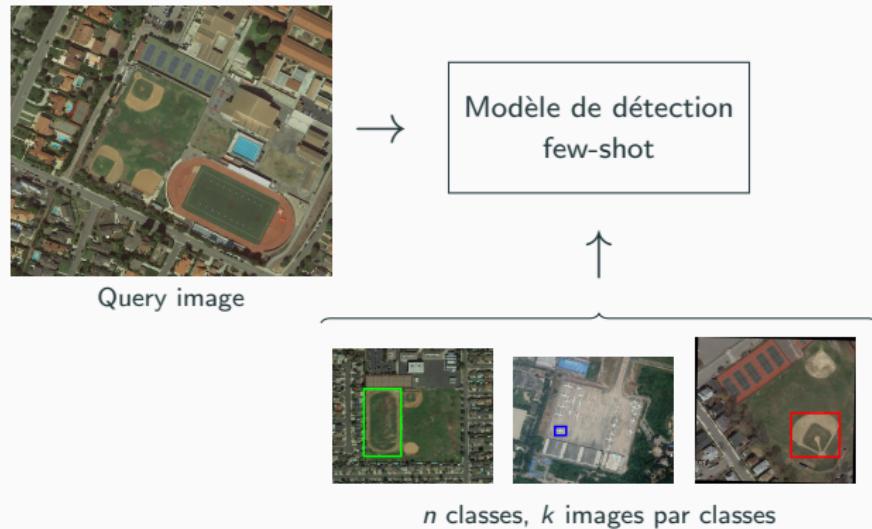


$n$  classes,  $k$  images par classes

## 1.2 Principe de la détection d'objets few-shot

### Détection d'objets $n$ -way $k$ -shot

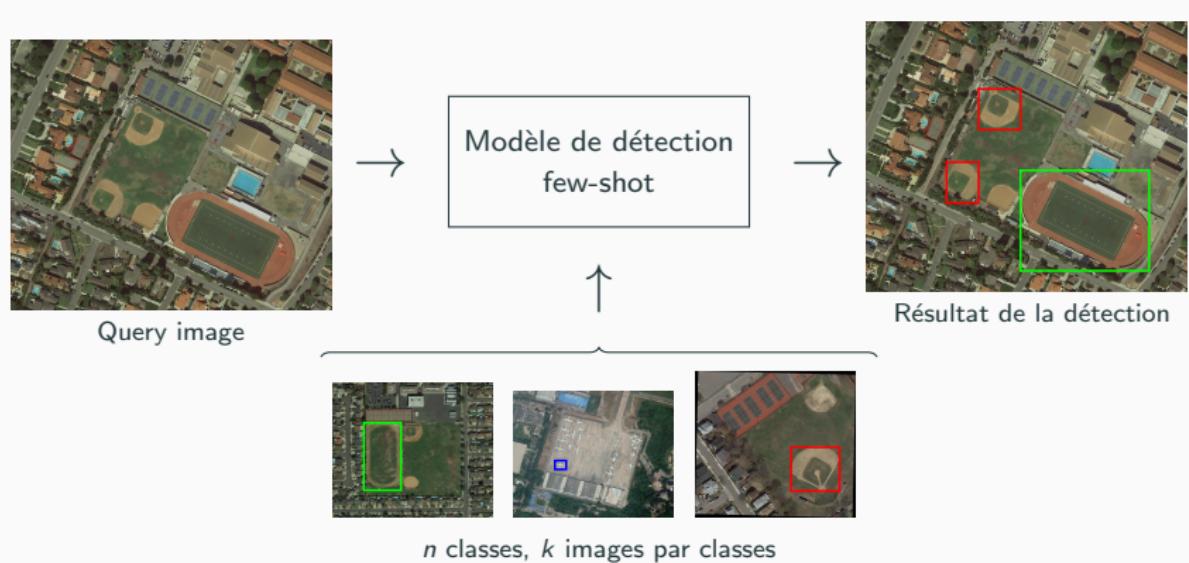
Étant donné des exemples de support  $\{(x_1, a_1), \dots, (x_{nk}, a_{nk})\}$ , il s'agit de détecter toutes les occurrences des classes dans  $\mathcal{C}$  ( $|\mathcal{C}| = n$ ) dans une image de requête  $x_q$ . En règle générale,  $k$  est compris entre 1 et 50.



## 1.2 Principe de la détection d'objets few-shot

### Détection d'objets *n-way k-shot*

Étant donné des exemples de support  $\{(x_1, a_1), \dots, (x_{nk}, a_{nk})\}$ , il s'agit de détecter toutes les occurrences des classes dans  $\mathcal{C}$  ( $|\mathcal{C}| = n$ ) dans une image de requête  $x_q$ . En règle générale,  $k$  est compris entre 1 et 50.



## 2.1 Principe de la détection d'objets few-shot cross-domain

### Détection d'objets few-shot cross-domain

En détection d'objets few-shot cross-domain, on utilise deux datasets de domaines différents : un dataset source avec beaucoup de données annotées et un dataset cible, plus restreint. L'objectif est d'exploiter le dataset source pour améliorer la détection sur le dataset cible. Le modèle doit s'adapter à la fois à de nouvelles classes et à des images inédites, rendant la tâche plus complexe.



Domaine source



Domaine cible

## 2.1 Principe de la détection d'objets few-shot cross-domain

### Détection d'objets few-shot cross-domain

En détection d'objets few-shot cross-domain, on utilise deux datasets de domaines différents : un dataset source avec beaucoup de données annotées et un dataset cible, plus restreint. L'objectif est d'exploiter le dataset source pour améliorer la détection sur le dataset cible. Le modèle doit s'adapter à la fois à de nouvelles classes et à des images inédites, rendant la tâche plus complexe.



Dataset source  
(grand nombre d'images  
annotées)

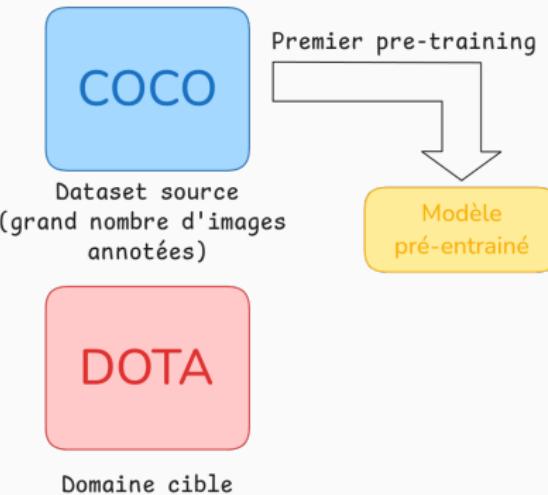


Domaine cible

## 2.1 Principe de la détection d'objets few-shot cross-domain

### Détection d'objets few-shot cross-domain

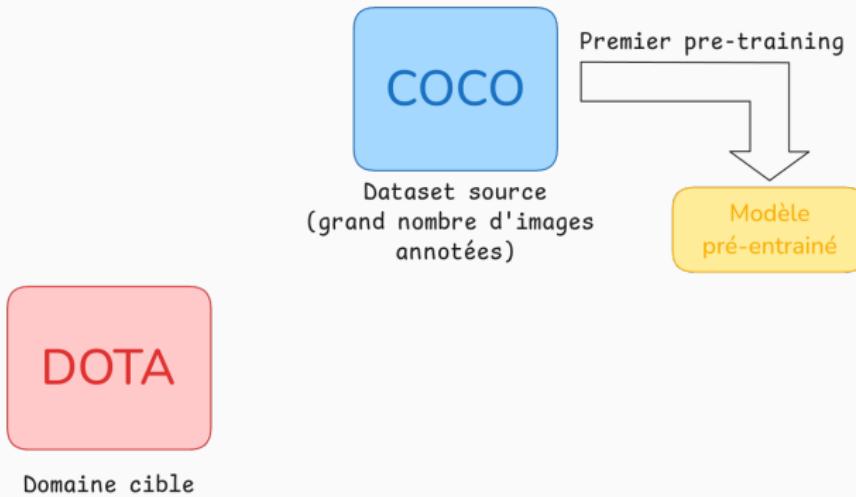
En détection d'objets few-shot cross-domain, on utilise deux datasets de domaines différents : un dataset source avec beaucoup de données annotées et un dataset cible, plus restreint. L'objectif est d'exploiter le dataset source pour améliorer la détection sur le dataset cible. Le modèle doit s'adapter à la fois à de nouvelles classes et à des images inédites, rendant la tâche plus complexe.



## 2.1 Principe de la détection d'objets few-shot cross-domain

### Détection d'objets few-shot cross-domain

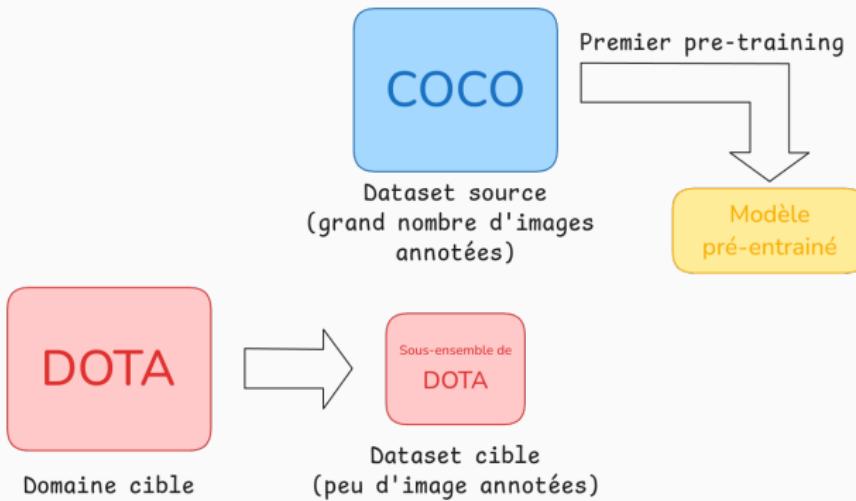
En détection d'objets few-shot cross-domain, on utilise deux datasets de domaines différents : un dataset source avec beaucoup de données annotées et un dataset cible, plus restreint. L'objectif est d'exploiter le dataset source pour améliorer la détection sur le dataset cible. Le modèle doit s'adapter à la fois à de nouvelles classes et à des images inédites, rendant la tâche plus complexe.



## 2.1 Principe de la détection d'objets few-shot cross-domain

### Détection d'objets few-shot cross-domain

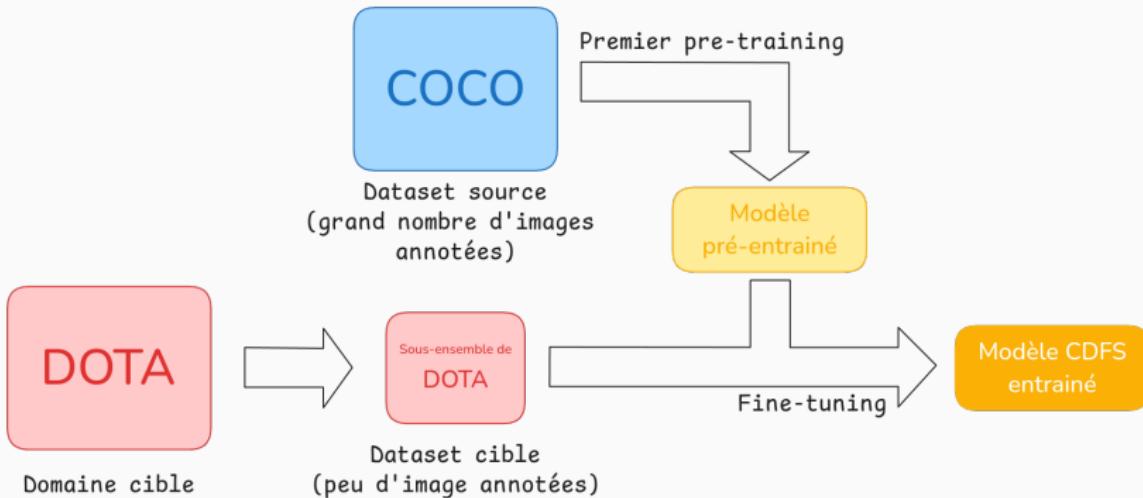
En détection d'objets few-shot cross-domain, on utilise deux datasets de domaines différents : un dataset source avec beaucoup de données annotées et un dataset cible, plus restreint. L'objectif est d'exploiter le dataset source pour améliorer la détection sur le dataset cible. Le modèle doit s'adapter à la fois à de nouvelles classes et à des images inédites, rendant la tâche plus complexe.



## 2.1 Principe de la détection d'objets few-shot cross-domain

### Détection d'objets few-shot cross-domain

En détection d'objets few-shot cross-domain, on utilise deux datasets de domaines différents : un dataset source avec beaucoup de données annotées et un dataset cible, plus restreint. L'objectif est d'exploiter le dataset source pour améliorer la détection sur le dataset cible. Le modèle doit s'adapter à la fois à de nouvelles classes et à des images inédites, rendant la tâche plus complexe.



## 2.2 Principaux travaux réalisés pour répondre aux problèmes de la détection d'objets few-shot cross-domain

### Principaux travaux réalisés au cours de l'année :

- Développement d'un outil permettant de comparer rapidement et efficacement les performances des modèles d'intelligence artificielle les plus performants.
- Mise en évidence de l'importance du choix d'un dataset source pertinent, avec une estimation de l'écart inter-domaines pour identifier le dataset source le plus adapté.
- Limitation du risque d'overfitting afin d'assurer une meilleure généralisation des modèles et, par conséquent, d'améliorer leurs performances.

## 2.3 Listes des méthodes de finetuning pouvant être utilisé en cross-domain

Name	Backbone
Meta-RCNN (Wu et al. 2020)	ResNet50
TFA w/cos (X. Wang et al. 2020)	ResNet50
FSCE (B. Sun et al. 2021)	ResNet50
DeFRCN (Qiao et al. 2021)	ResNet50
FSDiffusionDet (Jeune et al. 2024)	ResNet50
Distill-cdfsod (Xiong 2023)	ResNet50
ViTDeiT-FT (Li et al. 2022)	ViT-B/14
Detic (Zhou et al. 2022)	ViT-L/14
Detic-FT (Zhou et al. 2022)	ViT-L/14
DE-ViT (Zhang et al. 2024)	ViT-L/14
DE-ViT-FT (Zhang et al. 2024)	ViT-L/14
CD-ViT (Fu et al. 2024)	ViT-L/14

**Table 1:** Liste des méthodes de détection d'objets pouvant être utilisé en cross-domain. Ces méthodes seront toutes tester et comparées dans un benchmark à l'aide d'un outil dévoloppé cette année. Il sera mis à disposition après la publication du benchmark.

## 2.3 Listes des méthodes de finetuning pouvant être utilisé en cross-domain

Principales techniques de fine-tuning considérée :

- **Full Fine-tuning** : Ajuster tous les paramètres du modèle. C'est coûteux en temps et en mémoire.
- **Tête seulement** : Seule la tête du modèle (la dernière couche) est fine-tunée.
- **Bias seulement** : Seuls les biais des couches sont ajustés.
- **Norm seulement** : Les couches de normalisation (comme BatchNorm) sont ajustées.
- **LoRA** : Ajoute des matrices de faible rang aux poids du modèle pour réduire le nombre de paramètres à fine-tuner.
- **SVF** : Utilise la décomposition en valeurs singulières (SVD) pour ajuster les paramètres du modèle dans des sous-espaces spécifiques.

## 2.4 Étude et analyse de l'impact du dataset source sur les performances des modèles de détection d'objets few-shot cross-domain

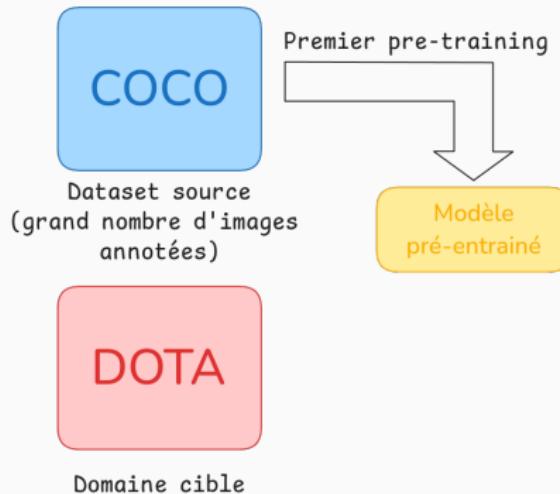
<i>k</i> shots	DOTA → DIOR	COCO → DIOR	DIOR → DOTA	COCO → DOTA	DOTA → DOTA <sup>1</sup>	DIOR → DIOR <sup>1</sup>
1	<b>20.18</b>	11.10	<b>5.41</b>	4.03	-	-
5	<b>34.43</b>	30.42	<b>25.88</b>	14.45	-	-
10	<b>41.48</b>	38.73	<b>31.99</b>	25.02	60.45	57.51
20	<b>49</b>	48.23	<b>38.77</b>	33.31	-	-
50	54.07	<b>56.97</b>	44.07	43.23	-	-

**Table 2:** Comparaison des performances de FSDiffusionDet en utilisant différents datasets sources pour la détection d'objet cross-domain. Les performances sont évaluées en mAP (%) rapporté avec un seuil IoU à 0.5, en fonction de la combinaison *dataset source* → *dataset cible*. Seulement la tête de classification et de regression est fine-tunée.

---

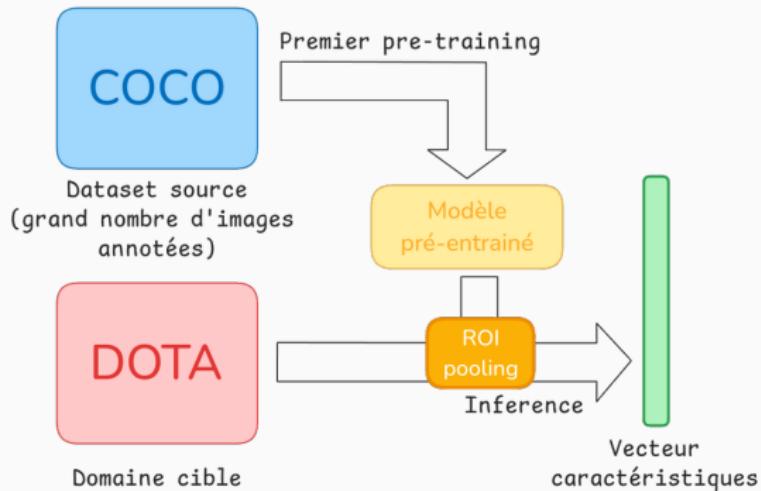
<sup>1</sup> Cette notation est utilisée pour signifier le few-shot "classique" sans cross-domain ; les classes de bases et les classes nouvelles appartenant donc au même dataset

## 2.5 Exploration des espaces Latents pour l'analyse du domain shift



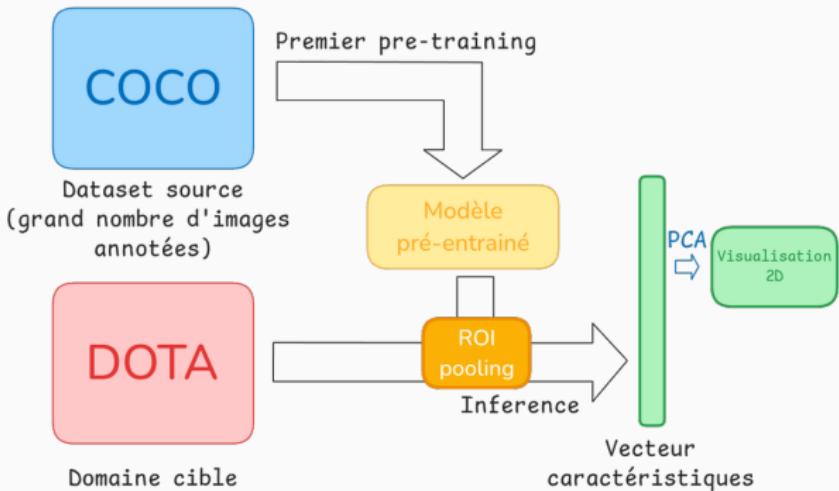
**Figure 1:** Méthode utilisée pour extraire le vecteur des caractéristiques. L'idée est de remplacer la tête de classification par un module ROI pooling.

## 2.5 Exploration des espaces Latents pour l'analyse du domain shift



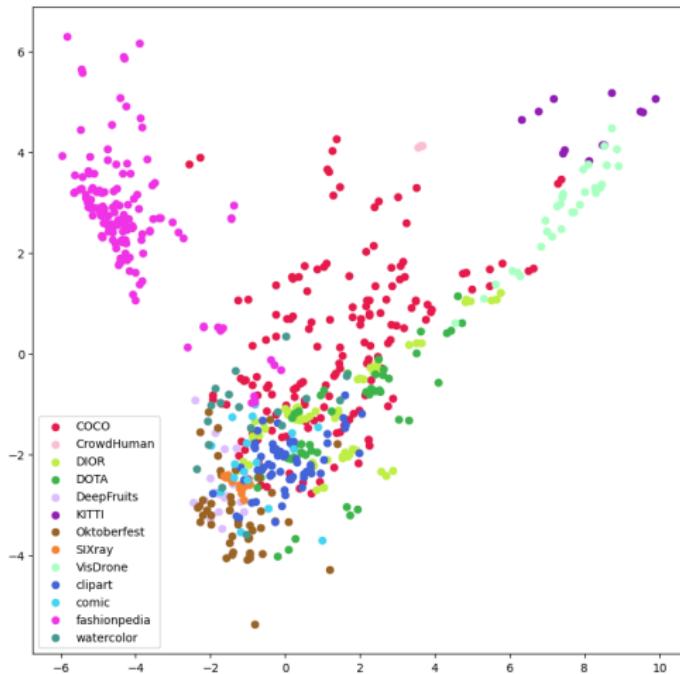
**Figure 1:** Méthode utilisée pour extraire le vecteur des caractéristiques. L'idée est de remplacer la tête de classification par un module ROI pooling.

## 2.5 Exploration des espaces Latents pour l'analyse du domain shift



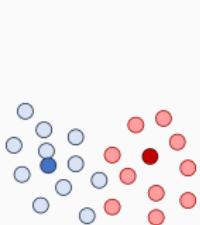
**Figure 1:** Méthode utilisée pour extraire le vecteur des caractéristiques. L'idée est de remplacer la tête de classification par un module ROI pooling.

## 2.5 Exploration des espaces Latents pour l'analyse du domain shift

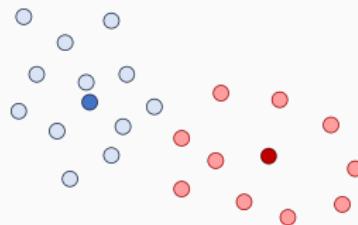


**Figure 2:** Représentation 2D des projections des barycentres de chaque classe, obtenue après le passage des images de chaque dataset dans un modèle pré-entraîné sur COCO, suivi d'une réduction dimensionnelle par PCA.

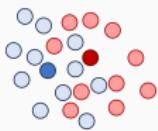
## 2.6 Estimation du domain shift via l'étude des variances



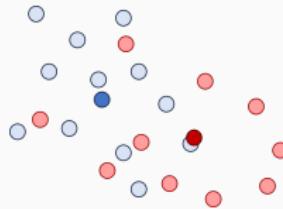
(a) Variance intra-classe faible,  
Variance inter-classe forte,



(b) Variance intra-classe forte,  
Variance inter-classe forte,



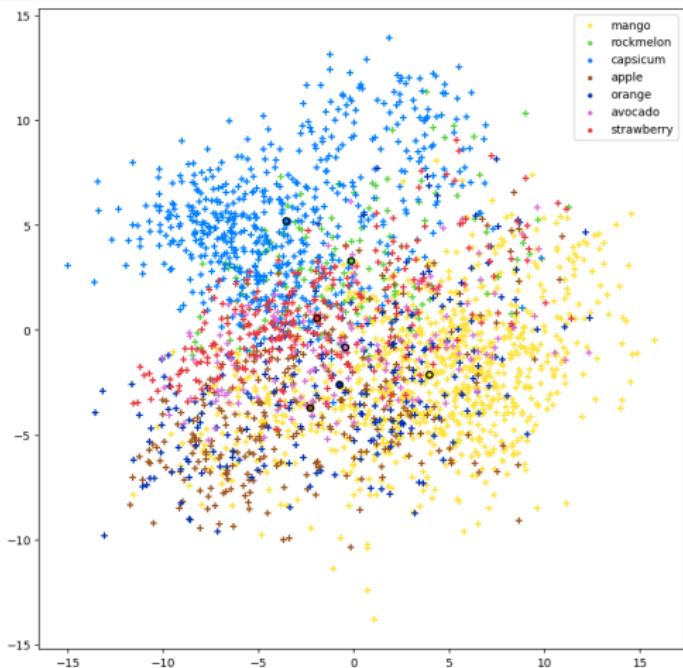
(d) Variance intra-classe faible,  
Variance inter-classe faible,



(c) Variance intra-classe forte,  
Variance inter-classe faible,

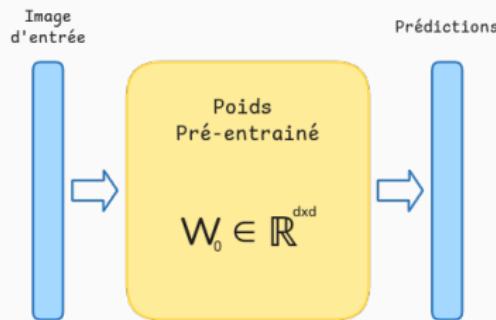
**Figure 3:** Illustration conceptuelle de la séparabilité des classes en relation avec les variances inter-classes et intra-classes. Les projections dans l'espace latent des images d'une classe sont représentées par des points bleus, tandis que les projections d'une autre classe sont marquées en rouge, avec les barycentres de chaque classe indiqués par des points plus foncés.

## 2.6 Estimation du domain shift via l'étude des variances



**Figure 4:** Représentation 2D de la projection des objets de DeepFruits, obtenue après le passage des images de chaque dataset dans un modèle pré-entraîné sur COCO, suivi d'une réduction dimensionnelle par PCA. Les barycentres mis en valeur avec des cercles de couleurs.

## 2.7 Étude des méthodes PEFT (Parameter Efficient Fine-Tuning) pour la détection d'objets cross-domain



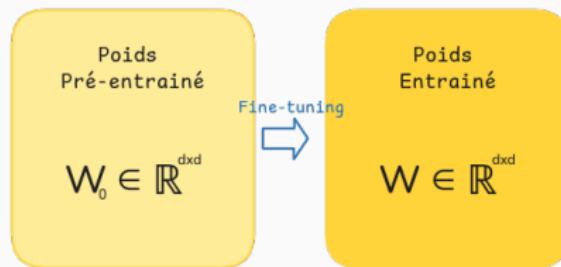
**Figure 5:** LoRA (Low-Rank Adaptation) est une technique permettant entre autres de limiter le risque d'overfitting pour assurer de meilleures performances.

## 2.7 Étude des méthodes PEFT (Parameter Efficient Fine-Tuning) pour la détection d'objets cross-domain



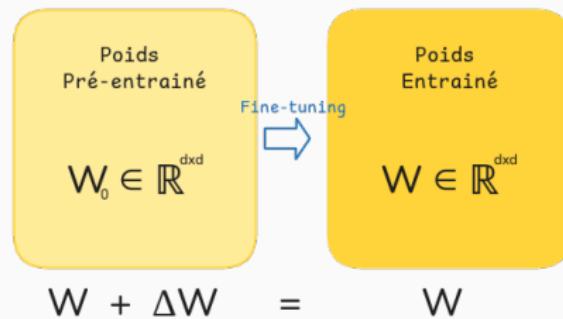
**Figure 5:** LoRA (Low-Rank Adaptation) est une technique permettant entre autres de limiter le risque d'overfitting pour assurer de meilleures performances.

## 2.7 Étude des méthodes PEFT (Parameter Efficient Fine-Tuning) pour la détection d'objets cross-domain



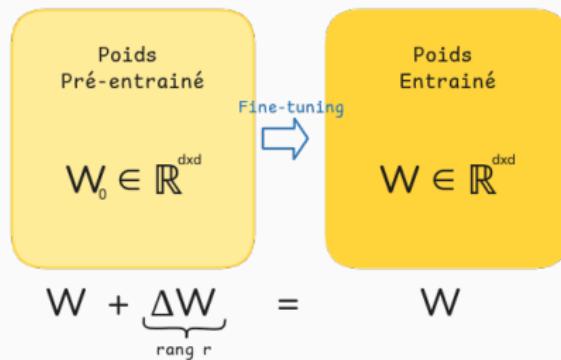
**Figure 5:** LoRA (Low-Rank Adaptation) est une technique permettant entre autres de limiter le risque d'overfitting pour assurer de meilleures performances.

## 2.7 Étude des méthodes PEFT (Parameter Efficient Fine-Tuning) pour la détection d'objets cross-domain



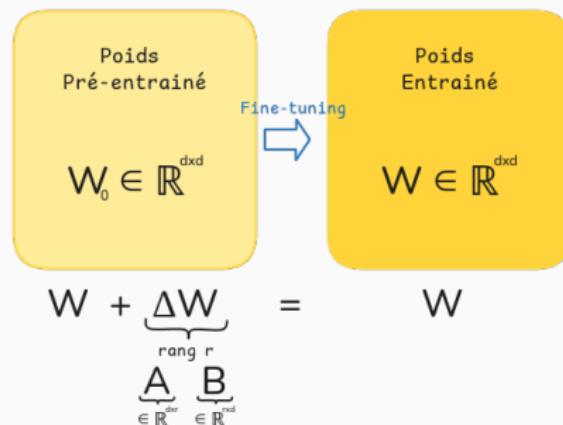
**Figure 5:** LoRA (Low-Rank Adaptation) est une technique permettant entre autres de limiter le risque d'overfitting pour assurer de meilleures performances.

## 2.7 Étude des méthodes PEFT (Parameter Efficient Fine-Tuning) pour la détection d'objets cross-domain



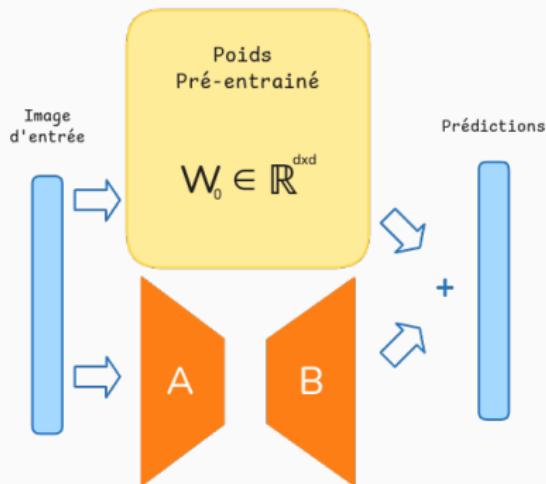
**Figure 5:** LoRA (Low-Rank Adaptation) est une technique permettant entre autres de limiter le risque d'overfitting pour assurer de meilleures performances.

## 2.7 Étude des méthodes PEFT (Parameter Efficient Fine-Tuning) pour la détection d'objets cross-domain



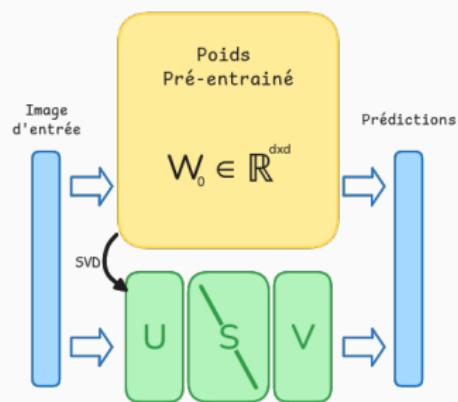
**Figure 5:** LoRA (Low-Rank Adaptation) est une technique permettant entre autres de limiter le risque d'overfitting pour assurer de meilleures performances.

## 2.7 Étude des méthodes PEFT (Parameter Efficient Fine-Tuning) pour la détection d'objets cross-domain



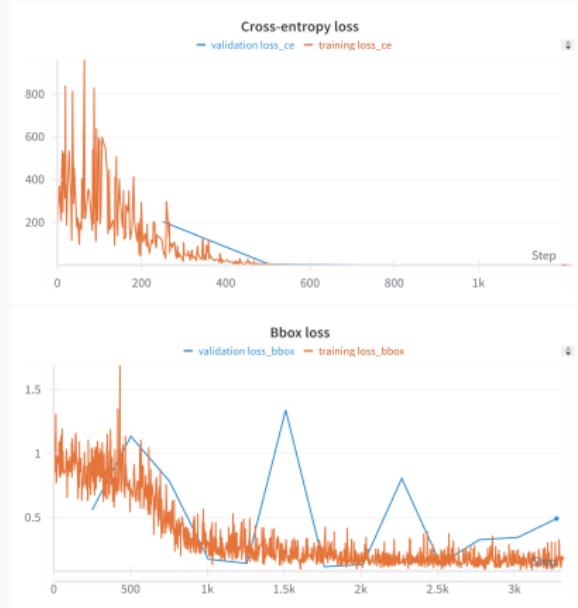
**Figure 5:** LoRA (Low-Rank Adaptation) est une technique permettant entre autres de limiter le risque d'overfitting pour assurer de meilleures performances.

## 2.7 Étude des méthodes PEFT (Parameter Efficient Fine-Tuning) pour la détection d'objets cross-domain



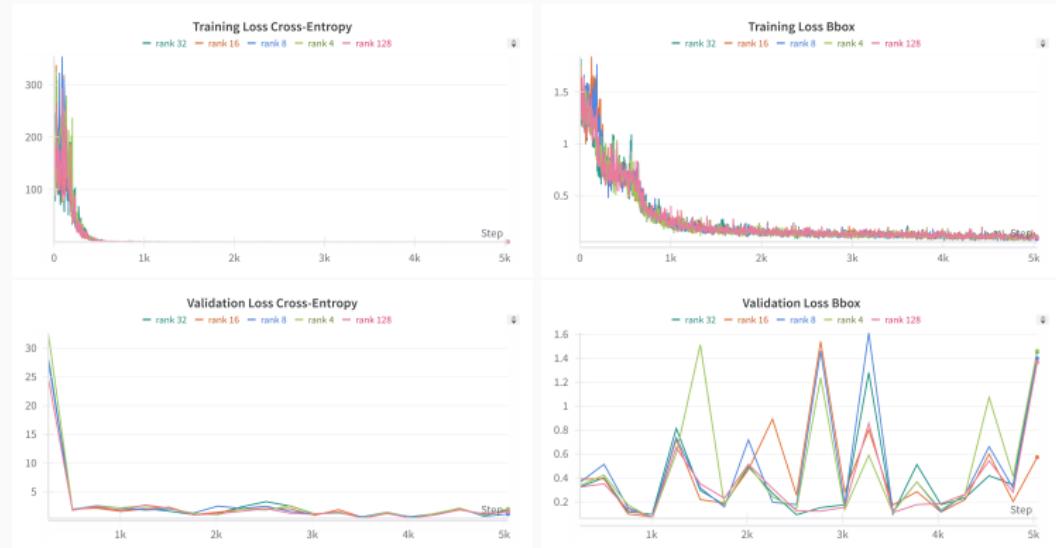
**Figure 6:** SVF (Y. Sun et al. 2022) se base sur une décomposition en valeurs singulières. Dans ce cas, on entraîne seulement les valeurs singulières.

## 2.8 Premiers résultats avec LoRA



**Figure 7:** Impact de LoRA sur l'entraînement de FSDiffusionDet sur DIOR en utilisant 10 shots et un rang de 16.

## 2.8 Premiers résultats avec LoRA



**Figure 8:** Impact du rang de LoRA sur l'entraînement de FSDiffusionDet sur DIOR en utilisant 10 shots.

### 3.0 Contributions scientifiques

#### Articles de conférence acceptés (avant la thèse) :

- Improving Few-Shot and Cross-Domain Object Detection on Aerial Images with a Diffusion-Based Detector – accepté et présenté à **IGARSS** (7 Juil. 2024)  
(relecture du papier, participation aux expériences et présentation orale)

#### Articles de conférence soumis

- Indirect Attention: IA-DETR for one shot Object Detection – soumis à **ICLR** (2024) (participation au code et aux expériences)

## 4.0 Formations

### Formation doctorale suivie :

- Formations professionnalisantes et langues – Anglais de communication niveau faux débutant-intermédiaire **4 ECTS**

### Conférences présentées :

- Présentation orale à **IGARSS** (8-12 Juil.) – *Improving Few-Shot and Cross-Domain Object Detection on Aerial Images with a Diffusion-Based Detector* **24 ECTS**

### Mobilité :

- Mobilité de 4 mois à l'ETS Montréal (Canada)

## 5.0 Travaux futurs

- Rédaction d'un article benchmark sur les méthodes cross-domain few-shot incluant les différents fine-tuning et les estimations du domain shift.
- Étude des PEFT pour la regression.
- Étudier l'apport des les VLM (Vision/Language Models) sur le cross-domain few-shot.
- Compléter le gros des formations doctorales internes obligatoires et non obligatoires.

**Merci pour votre attention**

---

Des questions ?

✉ hicham.talaoubrid1@edu.univ-paris13.fr

## References i

-  Fu, Yuqian et al. (2024). **Cross-Domain Few-Shot Object Detection via Enhanced Open-Set Object Detector**. arXiv: 2402.03094 [cs.CV]. URL: <https://arxiv.org/abs/2402.03094>.
-  Jeune, Pierre Le, Hicham Talaoubrid, and Anissa Mokraoui (2024). **Improving Few-Shot and Cross-Domain Object Detection on Aerial Images with a Diffusion-Based Detector**. DOI: 10.1109/IGARSS53475.2024.10642125.
-  Li, Yanghao et al. (2022). **Exploring Plain Vision Transformer Backbones for Object Detection**. arXiv: 2203.16527 [cs.CV]. URL: <https://arxiv.org/abs/2203.16527>.
-  Qiao, Limeng et al. (2021). “**Defrcn: Decoupled faster r-cnn for few-shot object detection**”. In: *Proceedings of the IEEE/CVF International Conference on Computer Vision*, pp. 8681–8690.
-  Sun, Bo et al. (2021). “**FSCE: Few-shot object detection via contrastive proposal encoding**”. In: *Proceedings of the IEEE/CVF Conference on Computer Vision and Pattern Recognition*, pp. 7352–7362.
-  Sun, Yanpeng et al. (2022). “**Singular Value Fine-tuning: Few-shot Segmentation requires Few-parameters Fine-tuning**”. In: arXiv: 2206.06122 [cs.CV].
-  Wang, Xin et al. (July 2020). “**Frustratingly Simple Few-Shot Object Detection**”. In: *International Conference on Machine Learning (ICML)*.
-  Wu, Xiongwei, Doyen Sahoo, and Steven Hoi (2020). “**Meta-rcnn: Meta learning for few-shot object detection**”. In: *Proceedings of the 28th ACM International Conference on Multimedia*, pp. 1679–1687.
-  Xiong, Wuti (2023). “**CD-FSOD: A Benchmark For Cross-Domain Few-Shot Object Detection**”. In: *ICASSP 2023-2023 IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP)*. IEEE, pp. 1–5.

-  Zhang, Xinyu, Yuting Wang, and Abdeslam Boularias (2024). **Detect Everything with Few Examples.** arXiv: 2309.12969 [cs.CV]. URL: <https://arxiv.org/abs/2309.12969>.
-  Zhou, Xingyi et al. (2022). **Detecting Twenty-thousand Classes using Image-level Supervision.** arXiv: 2201.02605 [cs.CV]. URL: <https://arxiv.org/abs/2201.02605>.