Offre de stage (Master 2 ou équivalent)

Développement de méthodes d'apprentissage profond pour la détection automatique d'entrepôts à partir d'images aériennes

Organisme d'accueil : Stage co-encadré par le LVMT et SPLOTT – Université Gustave Eiffel

Lieu : Cité Descartes, Bâtiment Bienvenüe, 14-20 Bd Newton, 77447 Marne-la-Vallée (RER A – Noisy-Champs)

Durée : 4 à 6 mois entre février et septembre 2026 (dates exactes à convenir)

Encadrement : Mohammed YOUNES (LVMT), Adrien BEZIAT (SPLOTT)

Gratification : 27,3 €/jour (ou taux institutionnel en vigueur)

Modalités de travail : En présentiel au LVMT

Contexte

Les entrepôts et plateformes logistiques constituent les nœuds structurants des chaînes d'approvisionnement contemporaines et du dynamisme économique des villes. Pourtant, la donnée publique sur leur localisation précise demeure fragmentée. La définition de ce qui constitue un bâtiment logistique varie selon les pays et les jeux de données ; l'information est dispersée entre diverses administrations et rarement maintenue de façon systématique, ce qui complique la production de cartographies cohérentes et à jour pour l'analyse environnementale ou socio-économique. Dans de nombreuses régions du globe – notamment dans les Suds, les données administratives, statistiques, ou même les inventaires de bâtiments sont lacunaires ou peu actualisés, de sorte que les entrepôts peuvent ne figurer dans aucun registre officiel, et ce malgré leur importance croissante. En pratique, les inventaires de bâtiments logistiques reposent souvent sur des sources incomplètes, tandis que les enquêtes de terrain et les recensements manuels qui peuvent les compléter sont coûteux et rapidement obsolètes. Plusieurs recommandations récentes de politiques publiques soulignent à la fois le rôle central des nœuds logistiques dans le fonctionnement urbain et la nécessité d'améliorer les données, les standards et la coordination entre niveaux de gouvernance.

Les méthodes de détection automatisée ou semi-automatisée à partir d'imagerie aérienne peuvent constituer une alternative fonctionnelle aux échelles auxquelles sont réalisés ces recensements. Ces dix dernières années, l'apprentissage profond est devenu la méthode de référence pour l'extraction de bâtiments à partir d'images aériennes et satellitaires haute et très haute résolution. De nombreux benchmarks et challenges (DeepGlobe, SpaceNet…) ont permis de consolider les méthodes et les indicateurs (mIoU et métriques au niveau des instances) tout en mettant en évidence des limites persistantes liées à l'étiquetage et à la généralisation. Les travaux récents montrent que la segmentation au pixel et la délinéation des instances atteignent des niveaux de précision élevés, mais que le déclage de distribution entre domaines, les variations régionales et les « sosies » (usines, grands

magasins, etc.) restent des cas difficiles à traiter, motivant souvent la combinaison d'indices visuels avec des couches contextuelles SIG ou des labels faibles.

Dans ce contexte, ce stage vise à produire un prototype d'une chaîne GeoAI transparente et reproductible pour détecter et délimiter les entrepôts à partir d'images ouvertes et réutilisables, intégrer les résultats dans un SIG, et documenter les performances à l'aide d'indicateurs permettant un diagnostic et une prise de décision pouvant mener à une calibration du modèle. L'objectif est de produire une couche d'entrepôts facilement reproductible et actualisable, réduisant la dépendance à des sources externes opaques et renforçant les travaux empiriques sur les enjeux de justice spatiale, les externalités environnementales et la planification – documentant de manière claire et transparente la provenance des données, la conformité des licences et une méthodologie entièrement vérifiable. Le stage contribuera notamment au projet de recherche ANR Translog, qui vise à caractériser le « paysage logistique » de plusieurs métropoles (Paris, Bruxelles, Casablanca et Nouakchott), quatre villes présentant des morphologies urbaines, des niveaux d'intégration aux chaînes d'approvisionnement globales et des structures de production et de consommation très différenciées.

Missions confiées

- Réaliser une revue de la littérature structurée sur les modèles open source d'extraction de bâtiments et les jeux de données disponibles, avec recommandations pour l'adaptation et le transfert.
- Constituer et documenter des données d'apprentissage / validation géospatiales (tuilage, stratégie d'échantillonnage, contrôle qualité, métadonnées).
- Organiser une campagne d'annotation via un outil dédié; rédiger un guide d'annotation concis et mener des contrôles qualité (calibration inter-annotateurs).
- Développer un prototype sur le cas d'étude francilien et comparer les approches selon les indicateurs standards et des ablations.
- Cartographier et analyser les résultats ; produire une note méthodologique et un rapport technique détaillé.
- Évaluer de manière préliminaire la transférabilité et la généralisation du modèle sur un autre cas d'étude (Bruxelles).

Méthodologie

Le corpus d'entraînement sera construit par tuilage d'orthophotographies à haute résolution, avec recouvrement, et échantillonnage stratifié pour équilibrer les scènes positives/négatives et cas négatifs complexes. Bien que la perspective à long terme soit de réduire la supervision, des approches semi-supervisées et de l'apprentissage actif pourront être mobilisées, en tirant parti des données existantes de la Chaire Logistics City comme labels faibles ou cibles de relecture humaine.

Les modèles de base attendus :

- Segmentation sémantique (famille U-Net ou équivalent)
- Segmentation/détection d'instances (Mask R-CNN/Faster R-CNN ou équivalent)

Les indicateurs suivront les pratiques consolidées par les challenges géospatiaux (IoU/mIoU pour les masques ; métriques au niveau des empreintes pour les vecteurs). L'entraînement inclura des augmentations réalistes (géométriques/photométriques) ; des ablations périodiques mesureront l'apport marginal des négatifs complexes et de la fusion multi-résolution (ex. : contexte saisonnier dérivé par Sentinel) par rapport aux orthophotos seules. Les découpages d'entraînement/validation seront spatialisés pour éviter les fuites.

Nous rapporterons mIoU et scores boundary-aware pour les masques, les indicateurs d'instances pour les empreintes vectorisées, et calibrerons les sorties probabilistes (calibrage de type temperature scaling) pour que les seuils d'exploitation reflètent de réels arbitrages précision-rappel. Le post-traitement polygonisera les masques (GDAL), simplifiera les géométries (Douglas-Peucker via Shapely/PostGIS) et importera les résultats dans PostGIS pour l'indexation, le contrôle qualité et l'intégration analytique.

Le livrable final sera un produit vectoriel vérifiable (empreintes + provenance) avec des performances interprétables et un potentiel de généralisation allant au-delà du cas test.

Profil recherché

Formation : Master (M2 ou équivalent) en data science/IA, géomatique/télédétection, informatique ou école d'ingénieurs.

Compétences clés : Bases solides en Python (pandas/numpy), vision par ordinateur/apprentissage profond (au moins un framework : PyTorch ou TensorFlow), traitement d'images. Une connaissance en GeoAI appréciée.

Compétences utiles : Fondamentaux du SIG (SCR, rasters/vecteur), QGIS/ArcGIS, GeoPandas/Rasterio/GDAL, Google Earth Engine (GEE).

Atouts : TorchGeo, PyTorch Lightning, MLflow ou Weights & Biases, PostGIS/SQL, QGIS/ArcGIS Pro, Docker.

Qualités : Rigueur scientifique, autonomie, maîtrise de l'anglais à l'oral et à l'écrit (travail de documentation et de rédaction en anglais, échanges au sein de l'équipe), bonnes capacités rédactionnelles, sens de l'éthique des données et des licences.

Candidature

Envoyer CV + courte lettre de motivation (1 page max) et éventuels liens GitHub/portfolio à :

- Mohammed YOUNES – mohammed.younes@enpc.fr
- Adrien BEZIAT – adrien.beziat@univ-eiffel.fr

Les candidatures seront examinées au fil de l'eau.