

Titre du projet :

"Détection et Classification des Drones à partir des Images RF et des Spectrogrammes via l'Apprentissage Automatique"

Encadrant universitaire :

Sofien Maitre, maitre de conférences ISI KEF

Co-encadrant :Radwan Aloui,CRMN

Le projet est développé en collaboration avec CRMN

Contexte et problématique :

Les drones sont de plus en plus utilisés dans des domaines variés, de la surveillance à la livraison de marchandises. Cependant, cette prolifération de drones a également suscité des préoccupations en matière de sécurité, notamment dans des zones sensibles comme les aéroports, les installations militaires ou les événements publics. La détection rapide et précise des drones est donc essentielle.

L'utilisation des **images RF (Radiofréquence)** et des **spectrogrammes** comme méthodes de détection est un domaine de recherche prometteur. Ces données permettent de capturer les signatures radioélectriques des drones, offrant une méthode de détection passive, c'est-à-dire sans avoir besoin de capteurs physiques proches du drone. Le défi est d'extraire des caractéristiques pertinentes des signaux RF et d'utiliser l'**apprentissage automatique** pour identifier et classer ces signatures de manière efficace et précise.

Objectif du projet :

Ce projet vise à **développer un système basé sur l'apprentissage automatique** pour détecter et classer les drones en analysant leurs signatures RF et leurs spectrogrammes. L'objectif est d'utiliser des techniques avancées de traitement du signal et de machine learning pour construire un modèle capable de distinguer les drones des autres types de sources de bruit RF.

Méthodologie :

1. Collecte des données :

- **Signatures RF des drones** : Utiliser des équipements spécialisés pour capter les signaux RF émis par différents modèles de drones.
- **Spectrogrammes** : Générer des spectrogrammes à partir des signaux RF en utilisant des transformations comme la **Transformée de Fourier** ou la **Transformée de Fourier à Court Terme (STFT)** pour obtenir des représentations visuelles de l'intensité spectrale au fil du temps.

2. Prétraitement des données :

- Nettoyage des signaux et filtrage des bruits de fond.
- Extraction des caractéristiques pertinentes à partir des spectrogrammes (par exemple, des descripteurs temporels et fréquentiels).

- Normalisation et mise à l'échelle des données pour améliorer les performances du modèle d'apprentissage.
- 3. **Développement du modèle d'apprentissage automatique :**
 - **Sélection des modèles :** Tester différentes architectures de machine learning, telles que les **réseaux de neurones convolutifs (CNN)**, les **machines à vecteurs de support (SVM)**, et les **réseaux de neurones récurrents (RNN)**.
 - **Entraînement et validation :** Utiliser des ensembles de données annotées pour entraîner le modèle et évaluer ses performances en termes de précision, de rappel et de F1-score.
 - **Optimisation :** Affiner les hyperparamètres et utiliser des techniques de régularisation pour éviter le sur-apprentissage (overfitting).
- 4. **Évaluation et validation :**
 - **Tests sur des ensembles de données réelles :** Tester le modèle sur des données collectées dans divers environnements (en extérieur, à différentes distances, avec différents types de drones et de conditions d'interférences).
 - **Comparaison avec d'autres approches :** Comparer les performances du modèle avec celles d'approches basées sur des techniques classiques de détection de drones (comme les radars ou les détecteurs acoustiques).
- 5. **Déploiement :**
 - **Prototypage d'un système de détection en temps réel :** Concevoir une architecture qui permette d'utiliser le modèle pour détecter des drones en temps réel à partir de signaux RF et de spectrogrammes capturés par des capteurs dédiés.

Résultats attendus :

- Un **modèle de machine learning performant** capable de détecter et classifier les drones à partir de leurs signatures RF.
- Une analyse détaillée de l'**impact des différentes méthodes de traitement du signal** (STFT, spectrogrammes, etc.) sur les performances de la détection.
- La création d'un **système de détection en temps réel** qui peut être utilisé dans des environnements de sécurité, des installations critiques ou des zones publiques pour identifier et suivre les drones.

Outils et technologies :

- **Python** pour la programmation, avec des bibliothèques comme **TensorFlow** ou **PyTorch** pour l'apprentissage profond.
- **Librosa**, **SciPy** et **Matplotlib** pour le traitement du signal et la visualisation des spectrogrammes.
- **Sklearn** pour les algorithmes classiques de machine learning (SVM, KNN, etc.).
- **Matlab** (si nécessaire) pour le traitement avancé du signal RF et l'analyse des spectrogrammes.

Impact et applications :

- **Sécurité publique et défense :** Détection de drones non autorisés dans des zones sensibles telles que les aéroports, les bases militaires, et les événements de grande envergure.

- **Protection de la vie privée** : Surveillance des drones qui pourraient être utilisés à des fins de surveillance illégale.
- **Gestion des risques** : Réduction du risque d'incidents dus à des drones dans des zones sensibles.

Conclusion :

Ce projet de recherche vise à développer une solution innovante de détection des drones utilisant l'apprentissage automatique, en se basant sur des données de signaux RF et de spectrogrammes. Le travail proposé permettra de répondre à un besoin croissant de systèmes de détection de drones dans des contextes critiques, tout en explorant de nouvelles avenues pour l'application de l'**intelligence artificielle** et du **traitement du signal** dans la sécurité et la surveillance.