

# Détection d'Anomalies sur Trajectoires Aériennes

## Objectif

L'objectif de ce TP est d'analyser des trajectoires aériennes issues de données ADS-B, d'aviation légère et de planeurs, afin de détecter :

- des écarts par rapport à la route prévue,
- des comportements anormaux,
- des déroutements météo,
- des pannes techniques,
- des détournements suspects,
- des franchissements de zones interdites,
- des vols atypiques de planeurs,
- et de classer automatiquement les anomalies.

Le TP combine **analyse de données**, **visualisation**, **détection d'anomalies**, **analyse du pilote automatique** et **machine learning**.

Le fichier utilisé est :

*dataset\_trajectoires\_anomalies\_reelles.csv*

## PARTIE 1 — Chargement du dataset et exploration

Dans cette première partie, vous devez :

- importer les données,
- afficher les premières lignes,
- analyser la structure du dataset,
- afficher la distribution des types d'anomalies,
- compter le nombre total de vols distincts.

Objectif : **comprendre les données avant analyse.**

## PARTIE 2 — Extraction et visualisation d'une trajectoire brute

Il s'agit ici de :

- sélectionner un vol dans le dataset,
- extraire sa trajectoire (latitude / longitude),
- afficher la trajectoire brute sous forme d'un tracé.

Objectif : **visualiser le chemin réellement suivi par l'aéronef.**



## PARTIE 3 — Construction de la route prévue

Chaque vol doit être associé à une **trajectoire théorique simplifiée**, appelée *route prévue*.

Vous devez :

- générer une polyline représentant la route prévue (basée sur le premier, le milieu et le dernier point),
- associer cette polyline à chaque vol.

Objectif : **obtenir une trajectoire théorique à comparer à la trajectoire réelle.**

## PARTIE 4 — Décodage de la route prévue

La route prévue est stockée sous forme de texte.

Vous devez :

- décoder cette polyline,
- la transformer en liste de points GPS exploitables,
- ajouter ces points comme nouvelle colonne.

Objectif : **convertir la route prévue en données utilisables pour le calcul géographique.**

## PARTIE 5 — Calcul de la déviation par rapport à la trajectoire prévue

Vous devez :

- calculer pour chaque point de la trajectoire réelle la distance jusqu'à la route prévue,
- ajouter cette distance sous forme d'une colonne *dévi*ation,
- analyser ces valeurs.

Objectif : **mesurer l'écart réel entre la trajectoire prévue et la trajectoire suivie.**

## PARTIE 6 — Visualisation de la déviation dans le temps

Pour un vol donné, vous devez tracer :

- l'évolution de la déviation en fonction du temps.

Objectif : **identifier visuellement les comportements anormaux (brusques changements de cap, déroutements, pannes, détournements).**

## PARTIE 7 — Classification automatique basée sur des règles

Vous devez construire une fonction permettant d'assigner automatiquement un type d'anomalie selon :

- l'anomalie initiale (si présente),
- la valeur de la déviation,
- des seuils prédéfinis (ex :  $> 15$  km  $\rightarrow$  suspicion de panne).

Objectif : **détecter automatiquement les anomalies sans machine learning.**

## PARTIE 8 — Analyse du pilote automatique

Vous devez analyser l'évolution de :

- l'état *autopilot ON/OFF* au cours du vol,
- les corrélations entre PA OFF et anomalies critiques (ex : détournement).

Objectif : **détecter les comportements suspects associés au pilote automatique.**

## PARTIE 9 — Séparation des trajectoires par vol

Vous devez regrouper les données :

- vol par vol,
- afin d'obtenir une structure permettant des analyses individuelles.

Objectif : **préparer la suite du TP (carte, ML, analyses vol par vol).**

## PARTIE 10 — Détection d'intrusions dans une zone interdite

À partir d'une zone géographique simple (rectangle), vous devez :

- déterminer si un vol pénètre ou non dans cette zone,
- ajouter une colonne indiquant la présence ou non d'une infraction.

## PARTIE 11 — Construction d'un modèle de classification automatique (Machine Learning)

Vous devez :

- sélectionner les variables pertinentes (vitesse, altitude, déviation, etc.),
- encoder les types d'anomalies,
- entraîner un modèle Random Forest, évaluer les performances via un rapport de classification.