



RAPPORT INDIVIDUEL  
MASTER RECHERCHE PSMSC  
UE DE RESEARCH METHODOLOGY

---

# Exploitation des données ADSB locales

---

*Élève :*

Chaimae CHELLAF EL HAMMOUD

*Encadrant :*

Ronan GUIVARCH

8 mars 2023

# Table des matières

<b>1</b>	<b>Préambule</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>Introduction</b>	<b>3</b>
<b>3</b>	<b>Exploration de la base de données</b>	<b>4</b>
<b>4</b>	<b>Les objectifs</b>	<b>6</b>
4.1	Objectifs principaux . . . . .	6
4.2	Objectifs secondaires . . . . .	6
<b>5</b>	<b>Les indicateurs environnementaux</b>	<b>7</b>
<b>6</b>	<b>Solutions trouvées</b>	<b>8</b>
6.1	Programmation et Manipulation de données . . . . .	9
6.2	Visualisation de données . . . . .	9
6.3	OpenAP . . . . .	9
6.4	Distance Haversine . . . . .	10
6.5	Indice de performance sonore . . . . .	10
6.6	Bases de données et sites à utiliser . . . . .	11
<b>7</b>	<b>Conclusion</b>	<b>13</b>
<b>8</b>	<b>Bibliographie</b>	<b>14</b>

# 1 Préambule

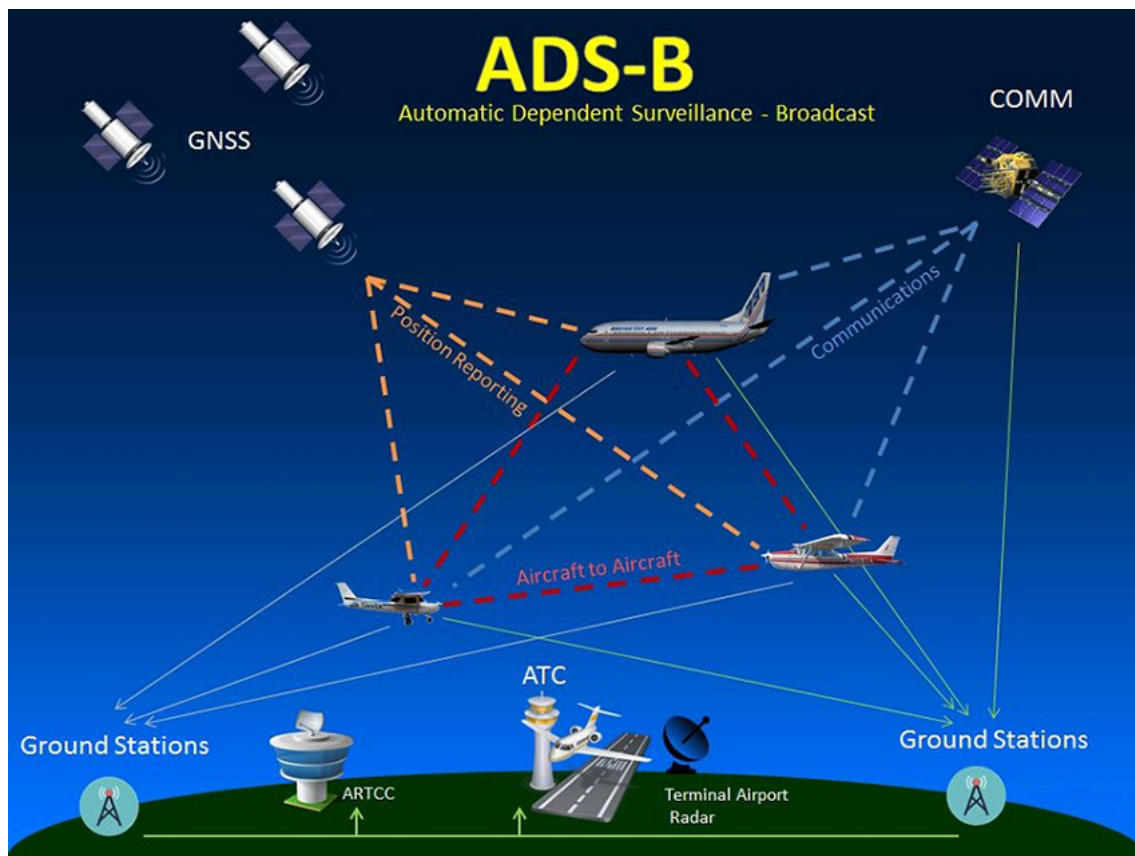


FIGURE 1 – Schéma descriptif

ADSB (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) est un système de surveillance de la navigation aérienne basé sur le broadcast des données par les aéronefs. Il fournit des informations sur la position, la vitesse et la trajectoire des aéronefs en vol à des récepteurs situés au sol. La base de données est alimentée par des transpondeurs de bord de l'avion qui transmettent les données à des radars de contrôle du trafic aérien pour une surveillance en temps réel. Les données de la base de données ADSB peuvent être utilisées pour une variété d'applications, telles que la planification de la circulation aérienne, la sécurité du vol, la surveillance environnementale, etc.

Les données ADSB permettent une surveillance en temps réel de la navigation aérienne, ce qui est essentiel pour les contrôleurs de la circulation aérienne pour maintenir une situation aérienne sûre et contrôler la circulation aérienne. Cela permet également aux pilotes de prendre des décisions informées en temps réel pour éviter les conflits aériens.

L'ADSB est également utile pour améliorer la capacité du système de navigation aérienne en fournissant des informations plus précises sur la situation aérienne. Cela permet aux centres de contrôle de la circulation aérienne de mieux gérer la circulation aérienne, d'améliorer la planification de la capacité et de minimiser les retards.

En outre, l'ADSB est également utilisé pour la sécurité des vols en fournissant des informations en temps réel sur les aéronefs dans des situations d'urgence. Cela peut inclure la transmission d'un signal d'urgence par un aéronef ou la détection automatisée d'une

situation d'urgence par les centres de contrôle de la circulation aérienne.

Les informations transmises par les aéronefs dans le cadre de l'ADSB incluent :

- Identifiant unique de l'aéronef (code transpondeur)
- Latitude et longitude de l'aéronef
- Altitude relative à la mer
- Vitesse verticale
- Cap
- Indicateur d'urgence

Ces données sont transmises en temps réel par le biais d'une diffusion en bande de fréquence de 1090 MHz, ce qui permet aux contrôleurs de la circulation aérienne et aux autres utilisateurs autorisés d'avoir une vue en temps réel de la situation aérienne.

L'ADSB est un élément clé des initiatives visant à moderniser le système de surveillance de la navigation aérienne pour le rendre plus efficace et plus sûr. Il permet une surveillance plus précise et une allocation plus efficiente des ressources en cas d'urgence.

En résumé, les données ADSB permettent une surveillance en temps réel de la navigation aérienne en fournissant des informations précises sur la position, la vitesse et la trajectoire des aéronefs en vol.

## 2 Introduction

Ce projet se concentre sur l'exploitation des données ADSB réelles émises en continu par les avions commerciaux. Le groupe SII développe ses activités de R&D afin de répondre aux enjeux de ses clients en termes de métiers et de technologies et de développer ses connaissances sur les technologies émergentes. L'objectif de ce projet est d'extraire des indicateurs environnementaux des données brutes ADSB. Pour ce faire, les données correspondant aux atterrissages ou aux décollages de l'aéroport de Toulouse Blagnac seront sélectionnées, puis fusionnées avec d'autres bases de données pour associer chaque trajectoire à un type d'avion et à ses caractéristiques techniques. Des techniques de data-science seront utilisées pour clusteriser les données et fournir des indicateurs sur le trafic aérien à Toulouse, tels que la distribution de l'âge des avions et la répartition du type d'avion. Les données brutes ADSB seront utilisées en tant qu'entrée et la fusion de données sera une partie importante du projet. Des hypothèses basées sur la littérature peuvent également être utilisées pour évaluer la consommation de carburant ou le bruit produit par chaque type d'avion. Le projet sera effectué par une équipe de cinq personnes sous la supervision de Monsieur Joël POTIN.

### 3 Exploration de la base de données

L'exploration de la base de données consiste à comprendre les données disponibles, leur structure et leur signification.

Le but est de comprendre les entrées de la base de données pour pouvoir les utiliser efficacement dans le reste du projet. Cela peut inclure la recherche de définitions pour les colonnes de la base de données, la vérification de la qualité des données, l'identification de potentiels problèmes ou incohérences et la visualisation de tendances ou de relations entre les données. Cette étape est importante car elle permet d'avoir une compréhension complète des données disponibles, ce qui peut influencer les décisions prises lors de l'analyse des données. En outre, l'exploration de la base de données peut aider à identifier les données manquantes ou les données en double et à préparer les données pour l'analyse ultérieure.

Voici un extrait de la base de données ADSB sur laquelle on va travailler :

[illegible]

FIGURE 2 – Extrait de la base de données ADSB

Pour explorer la base de données, on a commencé par chercher les définitions de ses entrées et comprendre leur rôle, et voici quelques définitions qui pourraient nous être intéressantes par la suite :

- **ICAO\_Adress\_hex** : Le code hexadécimal est une adresse ICAO unique à 24 bits (qui fait partie du certificat d'immatriculation de l'avion) utilisée pour identifier l'avion et diffusée par son transpondeur Mode-S. Normalement, le code hexadécimal n'est jamais modifié, mais les transpondeurs embarqués peuvent être reprogrammés.
- **FLIGHT\_ID** : L'identifiant du vol.
- **05\_temps** : l'instant quand on a capté les données.
- **AIR\_SOL** : indique le type de données de position utilisé par l'aéronef. La valeur "AIR / SOL" indique que les données de position sont obtenues à partir de sources aériennes ou terrestres, telles que des radars de contrôle du trafic aérien ou des systèmes de navigation.

- **timestamp\_s** : un timestamp se réfère généralement à un enregistrement numérique de l'heure à laquelle un événement ou une transaction a eu lieu. L'abréviation "s" après "timestamp" signifie secondes.
- **Surface Speed Calculated (knots)** : La vitesse de surface calculée (Surface Speed Calculated en anglais, exprimée en nœuds) est une mesure de la vitesse à laquelle un avion se déplace au-dessus de la surface de la Terre. Elle est calculée à partir de données de positionnement et de vitesse verticale transmises par l'avion via son émetteur ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast). La vitesse de surface calculée est exprimée en nœuds (knots), qui est une unité de mesure de la vitesse utilisée en aviation. Un nœud équivaut à un mille marin par heure, soit environ 1,15 kilomètre par heure. La vitesse de surface calculée est une mesure de la vitesse de l'avion à l'horizontale, c'est-à-dire la vitesse à laquelle il se déplace sur le sol. Elle est différente de la vitesse verticale, qui mesure la vitesse à laquelle l'avion monte ou descend.
- **Vertical Rate** : Le champ "09\_sub1\_Vertical\_Rate\_Code" fait référence à un code indiquant la valeur de taux de montée verticale, et le champ "09\_sub1\_Vertical\_Rate\_Meaning" fournit une description textuelle de la valeur de taux de montée verticale. Par exemple, une valeur de "1" pour le champ "09\_sub1\_Vertical\_Rate\_Code" et une valeur de "ZERO" pour le champ "09\_sub1\_Vertical\_Rate\_Meaning" pourraient indiquer que le taux de montée verticale est actuellement nul. Le champ "09\_sub1\_Vertical\_Rate\_Sign" indique le signe de la valeur de taux de montée verticale, une valeur de "0" indiquant un taux de montée verticale positif et une valeur de "1" indiquant un taux de montée verticale négatif.
- **05\_Altitude (ft)** : Hauteur à laquelle l'avion se trouve au-dessus du niveau de la mer. Elle est mesurée en pieds ou en mètres et est un facteur important pour le contrôle de la navigation aérienne et pour les performances de l'avion en termes de consommation de carburant, de vitesse et de sécurité. Les avions volent généralement à des altitudes différentes en fonction de leur phase de vol (décollage, montée, croisière, descente) et des conditions météorologiques.
- **05\_Airborne Latitude (°)** : Mesure géographique qui indique la position d'un avion par rapport à l'équateur. Elle est exprimée en degrés et déterminée en mesurant la distance angulaire entre l'avion et l'équateur. Cette information est utilisée avec d'autres informations telles que la longitude, l'altitude et la vitesse pour déterminer la position et la trajectoire d'un avion en temps réel.
- **05\_Airborne Longitude (°)** : Mesure géographique qui indique la position d'un avion par rapport à l'observatoire de Greenwich, à Londres, en Angleterre. Elle est exprimée en degrés et déterminée en mesurant la distance angulaire entre l'avion et le méridien de Greenwich, qui est un cercle imaginaire qui passe par le pôle Nord, le pôle Sud, et l'observatoire de Greenwich.

## 4 Les objectifs

Avant de commencer tout projet, il est important de définir clairement les objectifs à réaliser.

Dans cette section, nous allons détailler les objectifs clés que nous avons établis pour le projet, ainsi que les étapes que nous allons suivre pour les atteindre. Ce sera un guide pour nous assurer que nous progressons dans la bonne direction et que nous respectons les délais.

### 4.1 Objectifs principaux

- Extraire des indicateurs environnementaux à partir des données brutes ADSB.
- Sélectionner les données correspondant aux atterrissages et aux décollages de l'aéroport de Toulouse Blagnac.
- Associer chaque trajectoire à un type d'avion et à ses caractéristiques techniques.
- Utiliser des techniques de data science pour clusteriser ces données et fournir des indicateurs sur le trafic aérien à Toulouse, tels que la distribution de l'âge des avions et la répartition des types d'avions.
- Évaluer les hypothèses sur les consommations de carburant par chaque type d'avion.

### 4.2 Objectifs secondaires

- Évaluer les hypothèses sur le bruit produit par chaque type d'avion.
- Explorer les questions liées à la possibilité de lier le trafic aérien aux mesures du bruit aérien et de croiser les données météorologiques avec les données ADSB.
- Faire une classification des avions selon des critères comme la pollution sonore.
- Faire une classification de la consommation du carburant selon le type et ancienneté des avions.
- Évaluer la consommation de l'avion par rapport au nombre de passagers.
- Déterminer le nombre de jets privés atterrissant à Toulouse.



## 5 Les indicateurs environnementaux

La veille scientifique pour ce sujet concerne la compréhension des facteurs environnementaux, tels que les émissions de carburant et le bruit aérien, associés au trafic aérien. De nouvelles études sont publiées régulièrement pour évaluer l'impact environnemental des avions commerciaux et les moyens de le minimiser. La croissance de la technologie de la surveillance aérienne, ainsi que la montée de la conscientisation environnementale, ont entraîné une augmentation de la quantité de données disponibles sur le sujet, ce qui peut être utilisé pour développer des indicateurs fiables.

Les indicateurs environnementaux sont des mesures quantifiées utilisées pour évaluer l'état et les tendances de l'environnement. Ils peuvent être utilisés pour surveiller la qualité de l'air, de l'eau, du sol et de la biodiversité, ainsi que pour mesurer les émissions de gaz à effet de serre, la consommation d'énergie, les déchets produits et d'autres impacts sur l'environnement. Les indicateurs environnementaux peuvent être utilisés par les gouvernements, les entreprises, les ONG et les citoyens pour prendre des décisions éclairées en matière de protection de l'environnement et de développement durable.

- **Pollution par émission de CO<sub>2</sub>** : La classification des avions selon leur émission de CO<sub>2</sub> fait référence à l'utilisation de différents indicateurs environnementaux pour mesurer les émissions de gaz à effet de serre produites par les avions pendant leur fonctionnement. Cela peut inclure des mesures telles que les émissions de dioxyde de carbone par kilomètre volé, les émissions de dioxyde de carbone par siège-kilomètre ou encore les émissions de dioxyde de carbone par heure de vol. Cette information peut être utilisée pour évaluer la performance environnementale des différents types d'avions et aider à prendre des décisions sur les futurs investissements en matière de développement d'avions plus durables et plus éco-responsables.
- **Pollution sonore** : Les indicateurs de pollution sonore sont utilisés pour mesurer le niveau de bruit produit par différentes sources, telles que les aéroports, les trains et les automobiles. Cela peut inclure des mesures telles que le niveau sonore en décibels (dB), la durée d'exposition au bruit et le nombre de personnes affectées par le bruit. Les informations obtenues à partir de ces indicateurs peuvent être utilisées pour évaluer les impacts de la pollution sonore sur la qualité de vie des personnes et prendre des décisions en matière de gestion du bruit. La méthode utilisée pour la classification est CALIPSO.[1][2]  
CALIPSO s'appuie sur l'indice de performance sonore des avions (IP) déterminé grâce à des mesures prises en situation de vol et exprimé en référence au bruit maximal d'une conversation (68 décibels) :

1. un IP 0 indique en moyenne un niveau de bruit perçu au sol égal à celui de la conversation,
2. un IP 30 indique en moyenne un niveau de bruit perçu au sol inférieur de 3 décibels à celui de la conversation,
3. un IP 60 indique en moyenne un niveau de bruit perçu au sol inférieur de 6 décibels à celui de la conversation



En fonction de ce critère, les avions sont classés selon quatre classes, des plus performants aux moins performants :

1. **classe A** : avions dont l'indice de performance sonore est égal ou supérieur à 60.
2. **classe B** : avions dont l'indice de performance sonore est égal ou supérieur à 30 et inférieur à 60.
3. **classe C** : avions dont l'indice de performance sonore est égal ou supérieur à 0 et inférieur à 30.
4. **classe D** : avions dont l'indice de performance sonore est inférieur à 0.

	IP=0		IP=30		IP=60	
IP(dB(A))	IP<0	0≤IP<30	30≤IP<60	IP≥60		
Classification	Classe D	Classe C	Classe B	Classe A		
	Les plus bruyants	Bruyants	Moyennement bruyants	Peu bruyants		

FIGURE 3 – Classification des avions selon l'indice de performance sonore [3]

- **Consommation du carburant** : Les indicateurs de consommation de carburant sont utilisés pour mesurer la quantité de carburant consommée par différents types de véhicules, tels que les avions. [4]

Les avions peuvent être classés en fonction de leur consommation de carburant en plusieurs catégories, notamment :

1. Avions à faible consommation de carburant : Ceux-ci utilisent des moteurs plus efficaces et des technologies plus avancées pour minimiser leur consommation de carburant.
2. Avions à consommation moyenne de carburant : Ceux-ci ont des moteurs moins efficaces et consomment plus de carburant que les avions à faible consommation.
3. Avions à consommation élevée de carburant : Ceux-ci ont des moteurs très peu efficaces et consomment les niveaux les plus élevés de carburant parmi tous les avions.

## 6 Solutions trouvées

L'exploitation des données ADSB est un domaine en constante évolution en raison de l'augmentation de la quantité de données générées par les avions commerciaux et de la nécessité de surveiller et d'analyser les tendances en matière d'environnement, de sécurité et d'efficacité des vols.

La veille technologique pour ce sujet comprend des avancées en matière de collecte, de traitement et d'analyse de données en temps réel. Les dernières techniques de datascience

telles que les algorithmes de clustérisation, l'apprentissage automatique et les réseaux de neurones peuvent être utilisées pour extraire des insights utiles des données ADSB. Et donc, dans le cadre de ce projet long, il est nécessaire de faire un cleaning et un filtrage sur la base de données, puisque celle-ci contient beaucoup de champs qui peuvent ne pas être utiles dans le traitement de nos objectifs.

## 6.1 Programmation et Manipulation de données

Dans ce projet, on va utiliser le langage de programmation Python, vu qu'il est le plus adapté à ce genre de problèmes de Data science, analyse de données et machine learning. Afin de manipuler les données (cleaning, l'extraction ...), on va utiliser Numpy et Pandas.

## 6.2 Visualisation de données

Pour le Data Visualisation, on va utiliser Matplotlib et Plotly. Matplotlib est un choix solide pour la création de graphiques de base et de graphiques personnalisés en 2D, tandis que Plotly est un outil plus avancé pour les graphiques interactifs en ligne et en 3D. On va donc les utiliser afin de visualiser nos données et les résultats obtenus.

Et pour la création des dashboards, on envisage d'utiliser l'outil PowerBI qui est un outil de Business Intelligence développé par Microsoft permettant de créer des tableaux de bord interactifs et visuels pour afficher et analyser les données. Il offre une grande flexibilité pour connecter et intégrer diverses sources de données, telles que des fichiers Excel, des bases de données SQL et des services cloud.

Un autre outil très intéressant qu'on envisage d'utiliser pour la deuxième phase du projet long, est l'outil **Streamlit**. Ce dernier est une bibliothèque open-source Python qui permet de créer facilement des applications web interactives pour l'analyse et la visualisation de données. Avec Streamlit, il est possible de construire rapidement des interfaces utilisateur pour les applications de machine learning, les tableaux de bord et les visualisations de données. Les développeurs peuvent écrire du code Python standard, y compris l'utilisation de bibliothèques de visualisation de données telles que Matplotlib et Plotly, pour créer des applications qui s'exécutent dans un navigateur web. Facile à utiliser, on l'a choisi parmi d'autres options possibles comme indiqué dans l'article [5].

## 6.3 OpenAP

Pour le calcul des émissions de CO2 et consommation de carburant, on peut utiliser la librairie **OpenAP** [6][7]. C'est une librairie Python pour la modélisation des performances d'avions. Elle fournit des outils pour modéliser les performances des avions en utilisant des données de navigation, de météorologie et d'ingénierie pour prédire la consommation de carburant, les temps de vol, les portées et d'autres caractéristiques de vol.

La librairie OpenAP en Python comprend les packages suivants :

- prop** : un package pour accéder aux propriétés de l'avion et du moteur.
- thrust** : un package pour le calcul de la poussée de l'avion.

**drag** : un package pour le calcul de la traînée de l'avion.  
**fuel** : un package pour le calcul de la consommation de carburant.  
**emission** : un package pour le calcul des émissions de l'avion.  
**kinematic** : un package pour accéder aux données WRAP.  
**aero** : un package pour les conversions aéronautiques courantes.  
**nav** : un package pour accéder aux informations de navigation.  
**segment** : un package pour déterminer la montée, la croisière, la descente et le vol à niveau.  
**phase** : une enveloppe autour de segment, permettant l'identification de toutes les phases de vol.  
**traj** : ce package contient un ensemble d'outils pour la génération de trajectoires.

## 6.4 Distance Haversine

La distance haversine est une mesure de la distance entre deux points sur la surface d'une sphère, telle que la Terre. Elle est obtenue en utilisant la formule de la distance haversine, qui prend en compte la courbure de la surface de la Terre, ainsi que les latitudes et longitudes des deux points, ce qui en fait un choix approprié pour les applications qui nécessitent des calculs précis de distance sur de grandes distances.

La formule de la distance haversine est la suivante [8] :

$$\begin{aligned} a &= \sin^2(\Delta lat/2) + \cos(lat1) * \cos(lat2) * \sin^2(\Delta long/2) \\ c &= 2 * \arctan(\sqrt{a}, \sqrt{1-a}) \\ d &= R * c \end{aligned}$$

où :

- d est la distance entre les deux points en kilomètres (ou miles)
- R est le rayon de la sphère (la Terre) en kilomètres (ou miles)
- $\Delta lat$  est la différence de latitude entre les deux points ( $lat2 - lat1$ )
- $\Delta long$  est la différence de longitude entre les deux points ( $long2 - long1$ )

## 6.5 Indice de performance sonore

Comme trouvé dans les papiers scientifiques cités dans la bibliographie [9][10], l'indice de performance sonore est calculé selon la relation suivante :

$$EPNdB = 10 \log_{10}(10^{(L_1/10)} + 10^{(L_2/10)} + \dots + 10^{(L_n/10)})$$

Avec  $L_1, \dots, L_n$  les niveaux sonores, calculés comme suit :

$$L_n = 57 + 20 \log_{10}(V) - 15 \log_{10}(H) - 2 \log_{10}(D)$$

V est la vitesse de l'avion, H l'altitude, et D désigne la distance entre l'avion et l'aéroport.

## 6.6 Bases de données et sites à utiliser

Pour calculer les émissions d'un avion et sa consommation de carburant, on a besoin de son type (A320, B737...). Cette information n'est pas disponible dans la base de données ADS-B. Il y a aussi un autre problème dans le même sens : Afin de trouver l'âge de l'avion et le nombre de sièges, on a besoin du numéro de série et le numéro de l'identification de la queue propres à chaque avion. Ces données ne sont pas disponibles non plus dans les données ADS-B.

- Une première solution envisagée est de faire des requêtes sur les sites web connus qui font le tracking des vols en temps réel (comme FlightRadar24 ou encore FlightAware), ou bien d'utiliser leur API.

Sauf que, ces API ne sont pas gratuites, donc il faut payer pour bénéficier de ces services. Et si on choisit de faire des requêtes http vers ces sites, on risque d'être bloqués si on dépasse un nombre limité de requêtes par heure.

Et donc, cette solution est très limitée !

- Une deuxième solution, est de chercher des bases de données prêtes contenant le type des avions, le numéro de série, et le numéro de l'identification de la queue, et ensuite faire une jointure avec notre base de données ADS-B nettoyée.

Cette deuxième solution est plus efficace, mais elle a demandé beaucoup de temps de recherche pour finalement trouver la base de données souhaitée. Le site web OpenSky fournit de telles informations.

**OpenSky** est une plateforme de suivi de la navigation aérienne qui fournit des informations en temps réel sur les vols en cours. Elle collecte des données aériennes via des récepteurs ADS-B (Automatic Dependent Surveillance-Broadcast) dispersés dans le monde entier, qui captent les transmissions de position, de vitesse et d'altitude des avions équipés de transpondeurs ADS-B.

Les données de OpenSky sont accessibles via une API en ligne et sont utilisées par un large éventail d'applications, telles que les sites web de suivi des vols en direct, les applications mobiles, les systèmes de surveillance de la circulation aérienne et les études de la qualité de l'air.

Elle propose aussi des bases de données prêtes pour le téléchargement, telles que celles qu'on va utiliser afin de faire la jointure avec nos bases de données. Parmi ces attributs, on trouve l'adresse ICAO, le type d'avion, la numéro de série (registration number), et le numéro de l'identification de la queue (tail number) [12].

Voici une image des différentes bases de données qu'on peut télécharger depuis le site OpenSky :

**Directory Contents**

/datasets/metadata/

Filename	Type	Size	Date Modified
.. (Parent Directory)	<System Dir>	<Directory>	Dec 5 2022 12:56 AM
README.TXT	TXT File	554 Bytes	Mar 7 2023 6:45 AM
aircraft-database-complete-2021-12.csv	CSV File	54.1 MB	Mar 7 2023 12:32 AM
aircraft-database-complete-2022-01.csv	CSV File	54.2 MB	Mar 7 2023 12:32 AM
aircraft-database-complete-2022-02.csv	CSV File	54.2 MB	Mar 7 2023 12:32 AM
aircraft-database-complete-2022-03.csv	CSV File	54.3 MB	Mar 7 2023 12:33 AM
aircraft-database-complete-2022-04.csv	CSV File	54.4 MB	Mar 7 2023 12:33 AM
aircraft-database-complete-2022-05.csv	CSV File	56.3 MB	Mar 7 2023 12:33 AM
aircraft-database-complete-2022-06.csv	CSV File	56.4 MB	Mar 7 2023 12:33 AM
aircraft-database-complete-2022-07.csv	CSV File	56.4 MB	Mar 7 2023 12:33 AM
aircraft-database-complete-2022-08.csv	CSV File	56.5 MB	Mar 7 2023 12:33 AM
aircraft-database-complete-2022-09.csv	CSV File	56.5 MB	Mar 7 2023 12:33 AM
aircraft-database-complete-2022-10.csv	CSV File	56.6 MB	Mar 7 2023 12:33 AM
aircraft-database-complete-2022-11.csv	CSV File	56.6 MB	Mar 7 2023 12:33 AM

FIGURE 4 – Extrait des différentes bases de données disponibles sur OpenSky [12]

Maintenant, pour trouver l'âge et le nombre de sièges correspondants à un avion, on utilise le numéro de série et le numéro de l'identification de la queue obtenus après jointure des deux bases de données, et on les met sur un site web qui nous renvoie les résultats. Ce site web est nommé **airport-data** [13]. On envisage donc de faire des requêtes vers ce site web et enregistrer les données dans notre dataframe. Cette méthode est efficace car on ne va chercher ces informations que pour les données de Toulouse (après extraction des données correspondantes aux atterrissages et décollages de Toulouse), et donc il n'y aura pas beaucoup de requêtes http.

Voici un exemple sur airport-data :

The screenshot shows the website **airport-data.com** with the URL `airport-data.com/aircraft/EI-EGB.html`. The page displays information for a specific aircraft, **EI-EGB**, which is a **2009 Boeing 737-8AS C/N 38491**. The page includes a sidebar with a search bar and a list of aircraft records. The main content area shows the aircraft's name, a photo gallery with four images of the aircraft in flight, and a table of airframe information.

**1 aircraft record found.**

**2009 Boeing 737-8AS**

[Add another EI-EGB](#)


**EI-EGB**


**2009 Boeing 737-8AS C/N 38491**


[Discuss this aircraft in forum](#)


Have a photo of this aircraft? Share with others.  
Correct or submit additional aircraft data  
Comment on this aircraft  
[Links to this page and other related pages](#)

**Latest photos of EI-EGB** Total 11 photos. [View all photos](#)

 by Ronald @ LEMD

 by andrew1953

 by Raymond Zammit @ LMML

 by Fred Willemsen @ EHAM

**Airframe Info**

Manufacturer:	Boeing
Model:	737-8AS <a href="#">Search all Boeing 737-8AS</a>
Year built:	2009
Construction Number (C/N):	38491
Line Number (L/N):	3097
Aircraft Type:	Fixed wing multi engine
Number of Seats:	189
Number of Engines:	2
Engine Type:	Turbofan

FIGURE 5 – Exemple des informations fournies par Airport Data [13]

## 7 Conclusion

En conclusion, ce projet vise à extraire des indicateurs environnementaux des données brutes de la base de données ADSB. Des données de l'aéroport de Toulouse Blagnac seront sélectionnées, puis fusionnées avec d'autres bases de données pour associer chaque trajectoire à un type d'avion et ses caractéristiques techniques. Des techniques de data science seront utilisées pour clusteriser les données et fournir des indicateurs sur le trafic aérien à Toulouse. L'exploration de la base de données est une étape cruciale pour comprendre les entrées de la base de données et les préparer pour l'analyse ultérieure.

## 8 Bibliographie

- [1] <https://www.ecologie.gouv.fr/calipso-classification-sonore-avions-legers>
- [2] <https://www.robin-aircraft.com/2016/06/robin-et-la-classification-calipso/>
- [3] [https://aeroportdebruit.fr/images/articles/pdf/Pesentation\\_CALIPSO\\_15052012.pdf](https://aeroportdebruit.fr/images/articles/pdf/Pesentation_CALIPSO_15052012.pdf)
- [4] Fuel consumption optimization in air transport : a review, classification, critique, simple meta-analysis, and future research implications. By Vedant Singh and Somesh Kumar Sharma.  
<https://etrr.springeropen.com/articles/10.1007/s12544-015-0160-x>
- [5] Review on Frameworks Used for Deployment of Machine Learning Model. By : Himangi Dani,Pooja Bhople,Hariom Waghmare,Kartik Munginwar,Ankush Patil
- [6] <https://openap.dev/usage>
- [7] <https://pypi.org/project/openap/>
- [8] Use of Haversine Formula in Finding Distance Between Temporary Shelter and Waste End Processing Sites, By Rezania Agramanisti Azdy and Febriyanti Darnis.  
<https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1742-6596/1500/1/012104/pdf>
- [9] Doctoral thesis prepared by Shashikant Ramdas More, 2011 :  
<http://web.mit.edu/aeroastro/partner/reports/proj24/noisethesis.pdf>
- [10] Antonio Filippone, in Progress in Aerospace Sciences, 2014 :  
<https://www.sciencedirect.com/topics/engineering/effective-perceived-noise-level>
- [11] <https://www.powermag.com/basics-of-sound-and-noise-propagation/>
- [12] <https://opensky-network.org/datasets/metadata/>
- [13] <https://www.airport-data.com/>