

# LA MAINTENANCE DES MOTEURS



## REMERCIEMENTS

Je tiens premièrement à remercier Tristan MONTETAGAUD, ingénieur sur le projet du Leap chez Air France Industries KLM Engineering & Maintenance qui m'a permis de réaliser cette expérience professionnelle et d'intégrer le monde de l'aéronautique.

Je remercie également Soumare HAMARHA et toute son équipe, aussi bien les mécaniciens que les supports pour leur accueil et leur bonne humeur.

Tous ont été bienveillants à mon égard en prenant le temps de m'expliquer les choses et tous m'ont fait découvrir leur métier avec passion.

## TABLE DES MATIERES

REMERCIEMENTS.....	1
1 INTRODUCTION .....	1
2 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE AIR FRANCE - KLM.....	2
2.1 Identification .....	2
2.2 Domaine d'activité.....	2
2.3 Filiales de AIR FRANCE - KLM.....	3
2.4 Flotte d'Air France – KLM .....	4
2.5 Chiffres clés.....	5
2.6 Actionnaires.....	5
3 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE AIR FRANCE.....	6
3.1 Identification .....	6
3.2 Domaine d'activité.....	6
4 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE AIR FRANCE INDUSTRIE .....	7
4.1 Identification .....	7
4.2 Domaine d'activité.....	7
5 PRESENTATION DES MOTEURS EN MAINTENANCE .....	8
5.1 CFM56-5B et CFM56-5C .....	8
5.2 GE90.....	9
5.3 Leap-1A et Leap-1B.....	10
6 SECURITE .....	11
6.1 Les règles de sécurité .....	11
6.1.1 La formation à la sécurité .....	11
6.1.2 Les équipements de protections individuelles (EPI).....	11
7 MAINTENANCE DES MOTEURS CFM ET GE .....	12
7.2 GATE 2 .....	14
7.3 GATE 3 .....	15
7.4 GATE 4 .....	15
7.5 GATE 5 .....	16
8 MAINTENANCE DU LEAP-1B.....	17
9 CONCLUSION.....	19
10 Annexe.....	20
10.1 Glossaire .....	20
10.2 Bibliographie.....	20
10.3 Sources .....	21

## 1 INTRODUCTION

Du 1er juin 2023 au 5 juillet 2023, j'ai eu l'opportunité de réaliser mon stage de fin d'année au sein de l'entreprise Air France Industries, plus précisément dans la section moteur. En tant qu'étudiant en école d'ingénieurs en aéronautique à l'IPSA, ce stage d'une durée d'un mois constitue une étape incontournable de ma formation.

Au sein de l'équipe dédiée aux moteurs LEAP-1B et -1A, j'ai pu m'immerger dans le domaine fascinant de la maintenance et de la réparation des moteurs aéronautiques. Air France Industries, acteur majeur du secteur, m'a offert un environnement propice à l'apprentissage et au développement des compétences.

Ce stage a représenté pour moi une occasion unique de mettre en pratique les connaissances acquises au cours de mes études et de me confronter aux défis techniques et opérationnels du secteur aéronautique. En travaillant aux côtés d'une équipe compétente et passionnée, j'ai pu approfondir mes compétences techniques et développer une vision concrète des enjeux de la maintenance des moteurs.

Je vous invite à découvrir mon expérience au sein d'Air France Industries, en mettant l'accent sur les missions qui m'ont été confiées et les compétences que j'ai acquises. Je présenterai également le contexte de l'entreprise et son rôle dans l'industrie aéronautique.

En explorant ces différents aspects, ce rapport de stage permettra de comprendre l'importance de cette expérience professionnelle dans mon parcours d'ingénieur en aéronautique à l'IPSA, ainsi que les enjeux et les perspectives offertes par le domaine de la maintenance des moteurs aéronautiques.

Les photos étant interdites sur le site, toutes les photos trouvées dans ce rapport sont tirées d'internet ou de documents internes.

## 2 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE AIR FRANCE - KLM

### 2.1 Identification

Dénomination:	AIR FRANCE - KLM
Adresse:	7 RUE DU CIRQUE 75008 PARIS
Siren :	552 043 002
Siret:	552 043 002 029 02
Forme juridique:	SA à conseil d'administration
Capital social:	2 256 000 000 000 €
Chiffre d'affaires 2022:	26 393 000 000 €

### 2.2 Domaine d'activité

**AIR FRANCE - KLM**, est une société spécialisée dans le secteur du transport aérien, le fret et la maintenance aéronautique. Elle emploie actuellement près de 73 000 salariés. Sur l'année 2022 et réalise un chiffre d'affaires de 26 393 000 000 €. Le total du bilan a augmenté de 84,4 % par rapport à l'année précédente.

C'est un acteur majeur du trafic aérien international. Avec une flotte de 522 avions (répartie entre Air France, KLM Royal Dutch Airlines et Transavia), le Groupe dessert jusqu'à 300 destinations dans 120 pays, principalement depuis les hubs de Paris-Charles de Gaulle et Amsterdam-Schiphol. Cependant, par l'intermédiaire de ses nombreuses filiales, le groupe s'exerce dans 3 grands pôles d'expertises :

#### **Le transport de passagers**

Grâce à ses deux hubs internationaux, Paris-Charles de Gaulle et Amsterdam Schiphol, Air France-KLM fait partie des réseaux les plus étendus entre l'Europe et le reste du monde. En 2021, 310 destinations ont été desservies et 83 millions de passagers ont été transportés dans 117 pays via les différentes filiales : Air France, KLM Royal Dutch Airlines et Transavia.

#### **Le fret**

Incarné par AIR FRANCE-KLM MARTINAIR Cargo, le transport de fret est le deuxième métier du Groupe Air France-KLM, et constitue une activité nécessaire à l'économie long-courrier. La flexibilité offerte par la grande capacité des soutes de la flotte passager (80 % du fret y est aujourd'hui transporté), couplée à la capacité du pont supérieur équilibrée et adaptable des avions-cargos, permet de proposer une large gamme de services et de solutions sur le marché, en garantissant des connexions fluides dans le monde entier.

En 2021 AIR FRANCE-KLM MARTINAIR Cargo a transporté 1 274 millions de tonnes de fret à l'aide de 6 avions-cargos et 453 gros porteurs.

#### **La maintenance aéronautique**

La maintenance aéronautique est le troisième métier du Groupe Air France – KLM, avec un chiffre d'affaires pouvant atteindre près de 1,0 milliard d'euros. Ces recettes réalisées avec des clients externes représentent 36,4 % du chiffre d'affaires total de cette activité.

Air France Industries KLM Engineering & Maintenance (AFI KLM E&M) dispose d'un effectif de plus de 12.800 personnes réparties dans 8 centres logistiques. Ce qui place le groupe AFI KLM E&M deuxième acteur mondial de MRO (Maintenance, Repair and Overhaul).



Figure 1: Implantation de AFI KLM dans le monde

## 2.3 Filiales de AIR FRANCE - KLM

### Air France : principale compagnie aérienne française

Air France propose des prestations de vols de qualité selon quatre classes : Economy, Premium Economy, Business et « La première ».

### HOP ! : Vols régionaux Air France

Hop est une branche dédiée aux vols régionaux d'Air France. La compagnie propose 140 destinations françaises et européennes.

### KLM : compagnie aérienne aux Pays-Bas

KLM est la « marque » aérienne de référence aux Pays-Bas. La majeure partie du trafic aérien s'effectue au sein de l'aéroport Amsterdam-Schiphol.

### Transavia et Transavia NL : filiales Air France low cost et KLM low cost

Transavia et Transavia NL sont les branches low cost d'Air France et de KLM, offrant des voyages à petits prix qui desservent les principales capitales européennes ainsi que certains pays comme la Tunisie, le Maroc et l'Algérie.

### Air France Industries KLM Engineering & maintenance : la branche de réparation et maintenance des avions

Air France Industries KLM Engineering & Maintenance est le second opérateur mondial de maintenance aéronautique. La filiale assure l'entretien régulier des avions des lignes et a réalisé un chiffre d'affaires de 1,6 milliard d'€ en 2018.

### Air France Martinair Cargo : transport de marchandises et véhicules

Air France Martinair Cargo propose du transport de marchandises et de véhicules par l'intermédiaire d'avions gros porteurs. L'activité est actuellement en difficulté du fait de la concurrence mondiale et d'une surcapacité de l'offre globale impliquant des réductions de tarifs. Pour y remédier, la compagnie restructure ses activités de vols cargos notamment par la réduction de sa flotte dédiée en faveur d'une offre de transport par soutes au sein des vols commerciaux de passagers.



*Figure 2: Filiales de AFI KLM*

## 2.4 Flotte d'Air France – KLM

Le 31 décembre 2022, la flotte d'Air France – KLM était composée de 505 avions en exploitation parmi lesquels on peut retrouver,

Pour les vols commerciaux :

- Airbus A330-200
- Airbus A330-300
- Boeing 737-700
- Boeing 737-800
- Boeing 737-900
- Boeing 777-200ER
- Boeing 777-300ER
- Boeing 787-9
- Boeing 787-10
- Embraer 175
- Embraer 190
- Embraer 195-E2

Pour les vols Cargo :

- 4 Boeing 747 Cargo
- 2 Boeing 777 Cargo



## 2.5 Chiffres clés

### Les chiffres clefs du groupe Air France-KLM

#### Le chiffre d'affaires

En millions d'euros



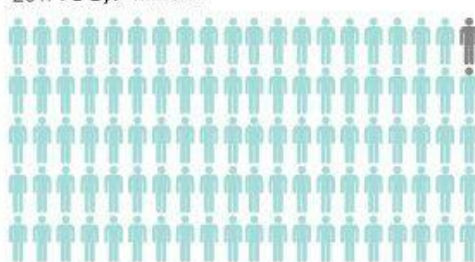
#### Le résultat d'exploitation

En millions d'euros



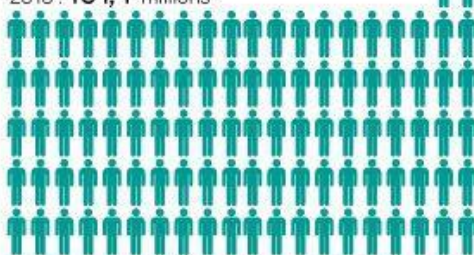
#### Le nombre de passagers

2017 : 98,7 millions



Var. + 2,7 %

2018 : 101,4 millions



« LES ÉCHOS » / SOURCE : SOCIÉTÉ

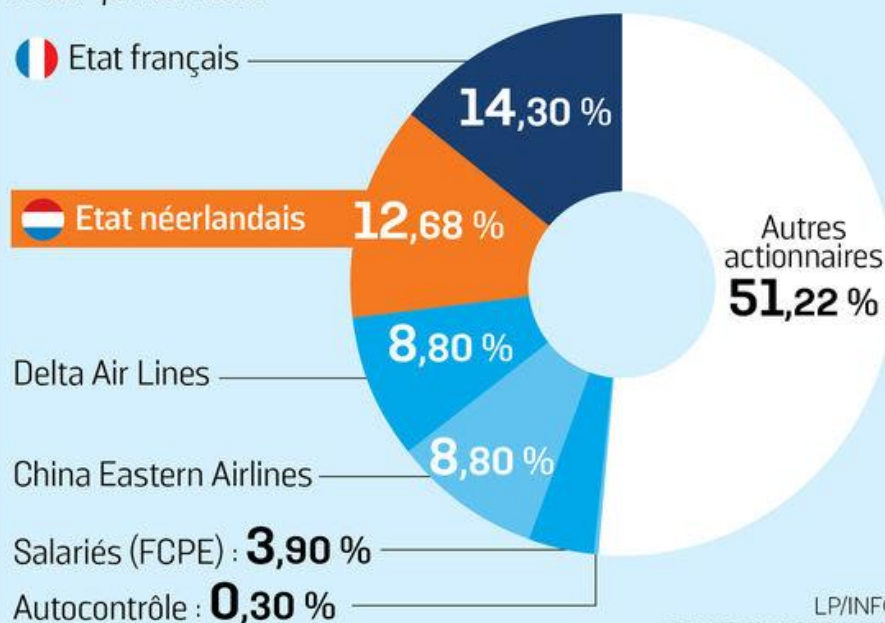
Figure 3

## 2.6 Actionnaires

### La répartition du capital

Au 27 février 2019

**AIR FRANCE KLM**



LP/INFOGRAPHIE.  
SOURCE : AIRFRANCEKLM.COM

Figure 4



### 3 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE AIR FRANCE

#### 3.1 Identification

Dénomination:	AIR FRANCE
Adresse:	45, Rue de Paris, 93290, Tremblay-En-France
Siret:	420 495 178 00014
Forme juridique:	SA à conseil d'administration
Capital social:	126 748 775 €
Chiffre d'affaires 2022:	8 141 000 000 €

#### 3.2 Domaine d'activité

**AIR FRANCE**, est une entreprise spécialisée dans le secteur d'activité des transports aériens de passagers. Depuis sa fondation en 1933, Air France propose à ses passagers de voyager à travers un vaste réseau dans le monde entier. Structurée autour de 3 activités principales - le transport de passagers, le fret et l'entretien aéronautique.

Elle emploie aujourd'hui 42 000 collaborateurs dont 22 124 personnel au sol ce qui en fait un acteur majeur du secteur aérien. Depuis 2004, Air France, KLM Royal Dutch Airlines et Transavia forment le groupe Air France-KLM. L'union de leurs forces en fait le premier groupe en termes de trafic intercontinental au départ de l'Europe.



Figure 5: Logos de AF depuis sa création

## 4 PRESENTATION DE L'ENTREPRISE AIR FRANCE INDUSTRIE

### 4.1 Identification

Dénomination :	AIR FRANCE INDUSTRIE
Adresse:	10, Rue de Rome, 93290, Tremblay-En-France
Siret:	420 495 178 00014
Forme juridique:	SA à conseil d'administration
Capital social :	126 748 775 €
Chiffre d'affaires 2021 :	8 141 000 000 €

### 4.2 Domaine d'activité

**Air France Industries** (AFI) est la filiale chargée de l'entretien et de la réparation d'aéronefs. Elle agit à la fois pour le compte du groupe et pour les compagnies aériennes clientes. AFI est la troisième activité d'Air France avec le transport de passagers et de fret.

L'activité est organisée autour de 3 directions opérationnelles :

- Le Département **Maintenance Avions** assure un support de maintenance compétitif pour les avions d'Air France et de KLM et garantit la sécurité des vols, la navigabilité et la disponibilité des avions.
- Le Département **Matériaux & Services** assure la réparation, la maintenance et les essais de la technologie aéronautique ainsi que la gestion des équipements (pool, location, prêt, achat, etc).
- Le Département **Moteur** assure la révision et la maintenance des moteurs en atelier ou sur aile pour les avions d'Air France, KLM et des compagnies clientes du monde entier.

C'est au sein de cette dernière entité que j'ai effectué mon stage.

L'ensemble des activités est réparti sur 4 sites principaux en France : Roissy, Orly, Villeneuve-le-Roi et Toulouse-Blagnac. À la suite du rapprochement en 2004 des compagnies Air France et KLM, AFI KLM E&M a vu le jour. Elle emploie 14 000 collaborateurs dont 8 500 en France, ce qui lui permet de pouvoir traiter près de 400 moteurs simultanément.

## 5 PRESENTATION DES MOTEURS EN MAINTENANCE

### 5.1 CFM56-5B et CFM56-5C

Livrés à plus de 33 000 exemplaires, les moteurs CFM56 sont les plus vendus au monde. Ils équipent les familles d'avions court et moyen-courriers des deux plus grands avionneurs mondiaux, Airbus et Boeing. Avec une plage de poussée de 82 à 152 kN, le CFM56 est le moteur de référence des monocouloirs commerciaux. Il doit son succès à d'excellentes performances et à sa fiabilité. Il offre une disponibilité proche de 100% et une durée de vie inégalée.

La fiabilité et la durabilité du CFM56 sont également de grands atouts pour les applications militaires. Ainsi, l'U.S. Air Force est le premier client militaire de CFM avec plus de 1 800 moteurs CFM56. La Royal Air Force et l'Armée de l'Air française opèrent également de nombreux appareils motorisés par CFM. La gamme de moteurs CFM56 équipe notamment les avions ravitailleurs KC-135 et C-135FR, les avions de surveillance E-3 et E-6 AWACS, ainsi que les Boeing 737 AEW&C, les avions de transport C-40 et le patrouilleur maritime P8-A Poséidon.

Le CFM56-5, certifié en 1987, se décline en trois versions : le -5A (intégrant un système de régulation numérique) et le -5B (dont la version la plus récente réduit la consommation et les coûts de maintenance) équipent les Airbus A320.

**CFM56**



Un CFM56 hors de sa nacelle en 2002.

<b>Constructeur</b>	<b>CFM International</b>
<b>Utilisation</b>	Serie Airbus A320, Serie Boeing 737, A340-200 et A340-300, DC-8, Boeing C-135
<b>Caractéristiques</b>	
<b>Type</b>	Turboréacteur
<b>Longueur</b>	2 616 mm
<b>Diamètre</b>	1 836 mm
<b>Performances</b>	
<b>Poussée maximale à sec</b>	de 82 à 151 kN
<b>Taux de dilution</b>	de 6,40 à 6,6 (5C)

*Figure 6*

## 5.2 GE90

Le General Electric GE90 est le nom d'une famille de turboréacteurs à double flux fabriqués par General Electric Aircraft Engines. Le réacteur, dont la poussée varie de 329 à 512 kN selon les modèles, a été spécialement construit pour le Boeing 777 et ne peut être utilisé que sur ce type d'avion. C'est l'un des trois moteurs disponibles pour les Boeing 777-200 et -200ER.

Ce réacteur, de presque 8,3 tonnes pour 3,43 mètres de diamètre, est le plus gros construit dans l'histoire de l'aviation en date des années 2000. C'est également le réacteur le plus puissant au monde.

Avec le GE90, GE a introduit la lame de ventilateur composite, la toute première dans l'aviation commerciale. Mesurant plus de quatre pieds de haut et pesant moins de 50 livres, la pale du ventilateur GE90 est faite de fibre de carbone et d'une matrice époxy durcie qui offre deux fois la résistance et un tiers du poids du titane.

La conception unique des pales de ventilateur du GE90 le rend plus large, plus léger et plus aérodynamique que les pales en titane traditionnelles, ce qui réduit le poids du moteur et la consommation de carburant. De plus, la conception aérodynamique permet à la pale de ventilateur GE90 de tirer de grandes quantités d'air dans le moteur, ce qui le rend plus silencieux et plus efficace tout en générant une poussée inégalée.



Figure 7



### 5.3 Leap-1A et Leap-1B

Le LEAP, pour Leading Edge Aviation Propulsion, est une génération de turboréacteurs conçue par le consortium CFM International. Il est destiné à remplacer la famille des CFM56.

Par conséquent, trois versions de LEAP-X ont été développées. Le LEAP-1A prévu pour Airbus A320neo, le LEAP-1C pour Comac C919 et le LEAP-1B pour Boeing 737 MAX. Ces trois versions ne sont pas complètement identiques, en raison de la hauteur des avions qui varie et donc les moteurs sont plus ou moins grands. En effet, ces avions n'ayant pas tous la même hauteur sous aile, le diamètre de la soufflante doit être adapté (et donc le nombre d'étages dans les turbines et compresseurs).

Officiellement annoncé le 13 juillet 2008, le LEAP passe ses tests de certification en 2014 pour une entrée en service sur les avions civils monocouloirs en 2016. En 2010, Comac et Airbus ont annoncé qu'ils équiperait leurs avions, les C919 et A320neo, de moteurs LEAP, tandis qu'en 2011, Boeing a confirmé LEAP comme moteur unique pour le Boeing 737 MAX.

Le premier essai en vol d'un moteur LEAP a eu lieu le 6 octobre 2014. Il est assemblé à l'usine Safran juste à côté de l'aérodrome de Melun-Villaroche (Seine-et-Marne). Ce qui en fait des moteurs relativement jeunes et commencent à peine à apparaître en atelier.



Figure 8

Modèle	LEAP-1A	LEAP-1B	LEAP-1C
Avion cible	Airbus A320neo	Boeing 737 MAX	Comac C919
Configuration	Turboréacteur à fort taux de dilution		
Compresseur	1 soufflante, 3 étages BP, 22:1 10 étages HP		
Chambre de combustion	Deuxième génération Twin-Annular, Pre-Mixing Swirler Combustor (TAPS II)		
Turbine	2 étages HP, 7 étages BP	2 étages HP, 5 étages BP	2 étages HP, 7 étages BP
Taux de compression global	40:1 (50:1 au sommet de la montée)		
Consommation spécifique	12 g/kN/s (env. 15 % de moins que le CFM56)		
Diamètre de la soufflante (cm)	198	176	198
Taux de dilution	11:1	9:1	11:1
Longueur (m)	3,328	3,147	4,505
Largeur maxi (m)	2,533-2,543	2,421	2,659
Hauteur maxi (m)	2,368-2,362	2,256	2,714
masse (kg)	2990-3153 (plein fait)	2780 (à sec)	2929-3935 (plein fait)
Poussée au décollage (kN)	-1A23 : 106,80 -1A26 : 120,64 -1A30, 32, 33, 35 : 143,05	-1B28 : 130,41	-1C28 : 129,98 -1C30 : 137,14
Poussée continue maxi (kN)	-1A23 : 104,58 -1A24 : 106,76 -1A26 : 118,68 -1A30, 32, 33, 35 : 140,96	-1B28 : 127,62	-1C28 : 127,93 -1C30 : 133,22
Vitesse de rotation maxi (tr/min)	BP : 3894, HP : 19391	BP : 4586, HP : 20171	BP : 3894, HP : 19391

Figure 9 : Comparaison entre les LEAP

## 6 SECURITE

### 6.1 Les règles de sécurité

#### 6.1.1 La formation à la sécurité

Dès mon arrivée sur le site, j'ai tout de suite remarqué que c'est un site sensible, du fait de la sécurité mise en place dès l'accueil (badge obligatoire). Les photos sur le site sont interdites pour qu'elles ne soient pas publiées sur les réseaux sociaux.

Après avoir récupéré mon badge qui me permettra par la suite de me déplacer sur le site et d'avoir un minimum d'autonomie, j'ai dû faire une « formation sécurité ». Cette formation est obligatoire pour chaque nouvel arrivant sur le site. On nous présente les risques liés au site, qui contacter en cas d'accident, les points de rassemblements, les lois qui protègent les salariés, etc.



#### 6.1.2 Les équipements de protections individuelles (EPI) *Figure 10*

Il m'a été remis des EPI (pantalon, polo, chaussures de sécurité et gants si besoin). Pour les équipements individuels, tous les techniciens en opération sont obligés de porter leur chaussure de sécurité qui sont spécialement renforcées ainsi que des gants si nécessaire (manipulation de produits toxiques). En cas d'intervention spéciale, il est nécessaire d'utiliser les protections adaptées.



*Figure 11*



*Figure 12*



*Figure 13*



## 7 MAINTENANCE DES MOTEURS CFM ET GE

Dès leur arrivée, les moteurs CFM et GE entrent dans un circuit de maintenance. Par un procédé de « GATE ». Le moteur va ainsi être démonté puis remonté dans un délai d'environ 80 jours. Ce système est tout nouveau et s'intègre au projet « singleroof » qui a pour objectif de créer une boucle lors de la maintenance des moteurs et de réduire les délais.

En regroupant dans un seul bâtiment les activités aujourd'hui réparties dans trois ateliers distants, Air France Industries va réduire de 15 % le temps de traitement de ses moteurs d'Air France et de ses sous-traitants. La réduction des délais de traitement se traduira par des économies de coûts significatives, notamment sur les coûts de location pour le remplacement des moteurs à l'arrêt lors des opérations de maintenance, ainsi que sur les coûts de location des terrains de l'aéroport d'Orly.

Après ma formation sécurité, mon maître de stage Tristan, m'a fait faire une visite complète du site. J'ai ainsi pu voir les différentes GATE, du démontage au nettoyage. J'ai ensuite visité le bâtiment WX, ce bâtiment est amené à être vide d'ici 1 an selon le projet singleroof. C'est ici que se passe l'usinage des carters. Nous avons fini la visite par le bâtiment AWE (bât36). Ce bâtiment est le seul qui n'est pas concerné par le projet singleroof. C'est là-bas que se déroule toute la maintenance des équipements moteurs. On entend par équipement moteur, les pompes, les vérins, les vannes, etc. Les équipements peuvent arriver de 3 endroits différents : des moteurs démontés dans le hangar à côté, d'une entreprise qui sous-traite ou d'un moteur sur piste. En effet, chaque équipement moteur est directement accessible sur piste et peut être démonté très rapidement sous l'aile. Dès leur arrivée, les équipements sont nettoyés puis enregistrés dans la base de données d'Air France. Ils sont ensuite mis sur le banc d'essai qui va ainsi confirmer la panne et potentiellement en détecter de nouvelles. Enfin, l'équipement est démonté, nettoyé en profondeur et réparé avant d'être renvoyé sur le banc d'essai pour vérifier son bon fonctionnement.



*Figure 14 : Moteur GE90 sur une chaîne de maintenance*

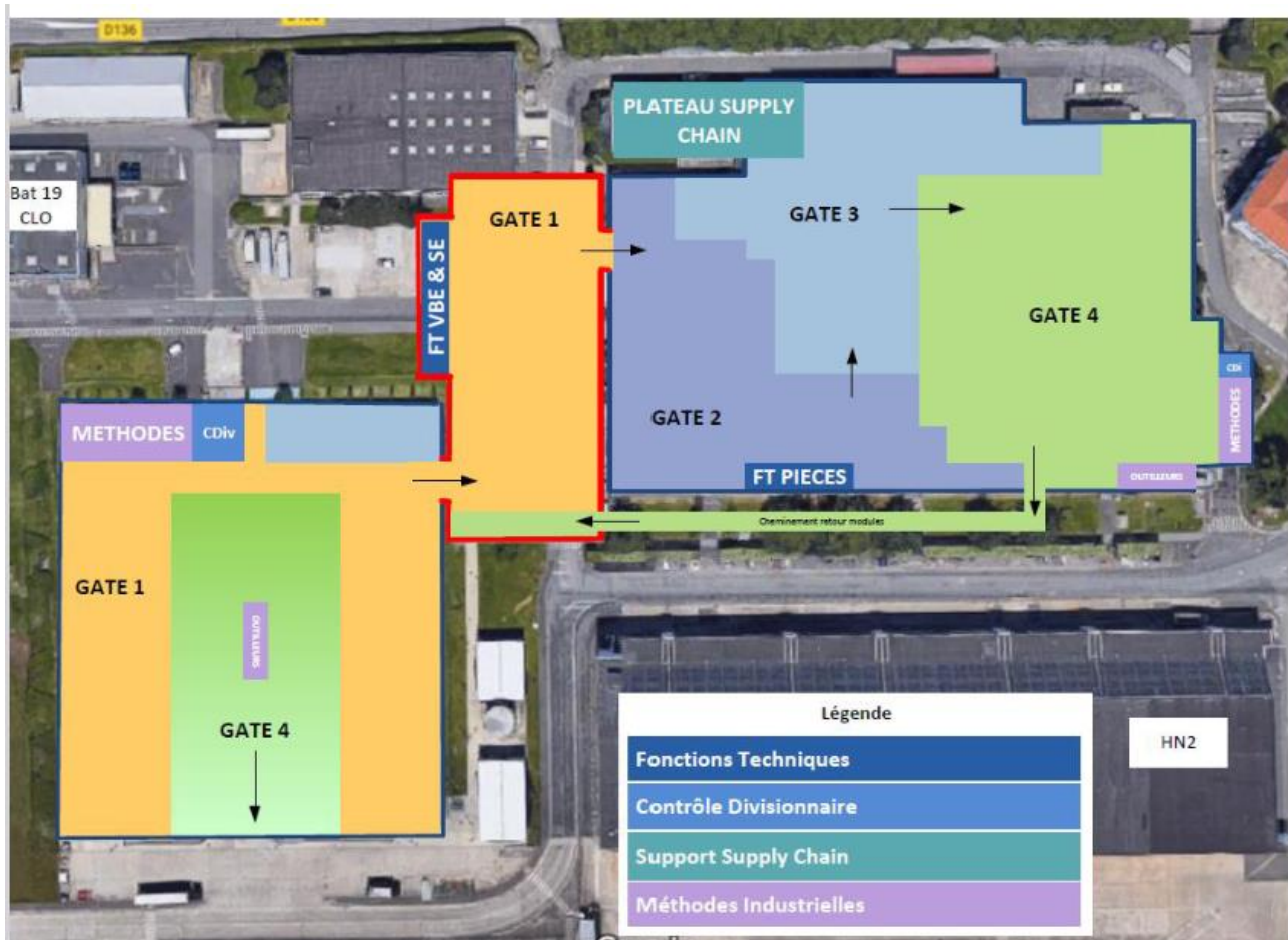


Figure 15 : Plan du site.

## 7.1 GATE 1

- Arrivée des moteurs, démontage du moteur jusqu'à la pièce :
- Démontage en modules majeurs (01X, 02X, 03X)
- Démontage en modules mineurs (Fan, LPC, HPC, Combustion, HPT, LPT)
- Démontage pièce par pièce

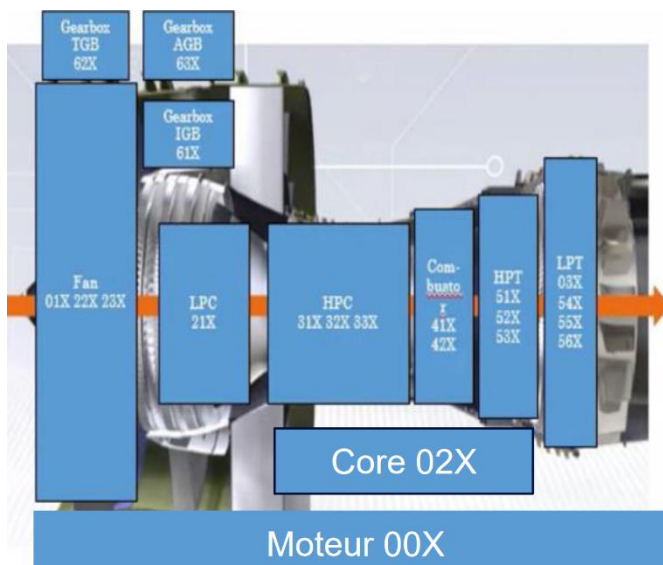


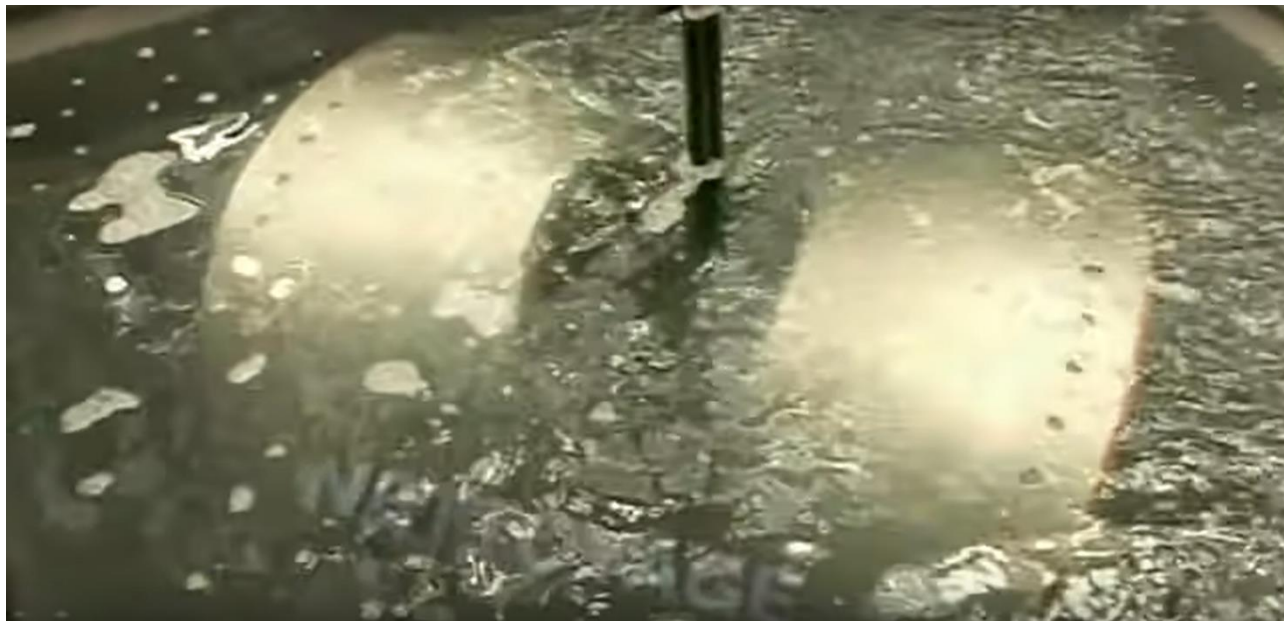
Figure 2 : Les différentes sections du moteur



## 7.2 GATE 2

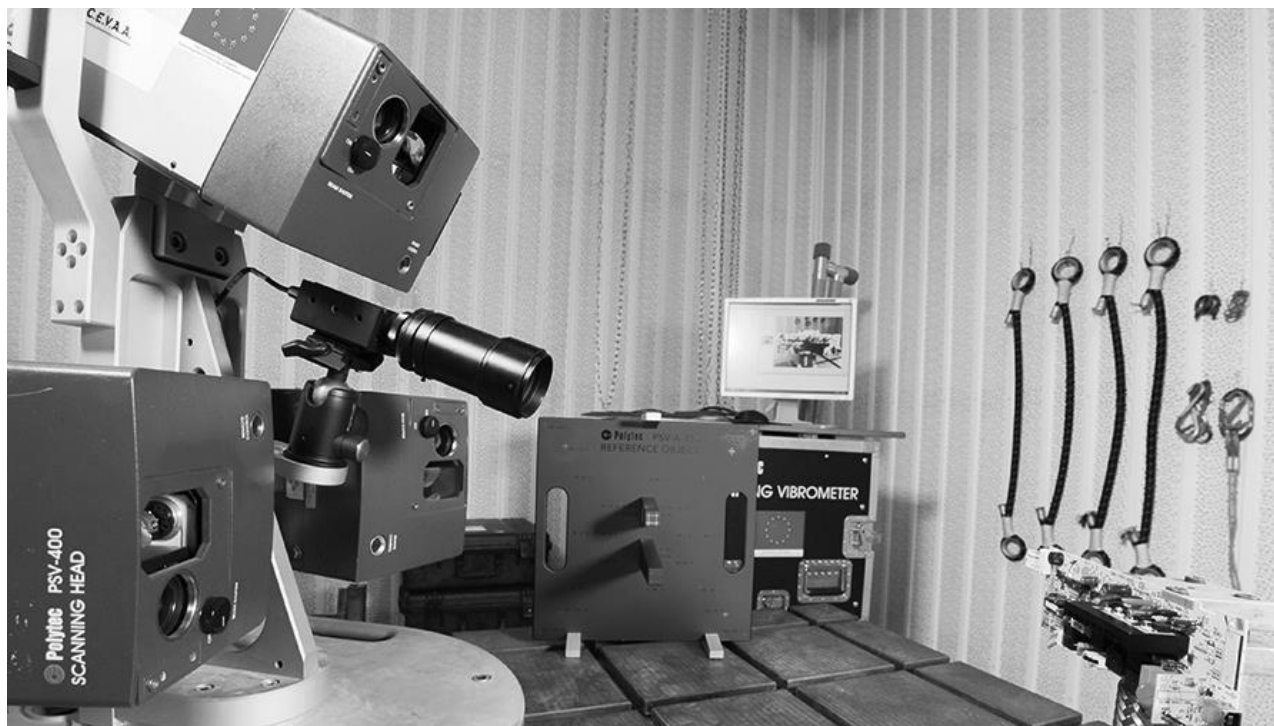
Nettoyage, contrôle et inspection des pièces :

Une fois démontée, une première inspection visuelle est faite sur la pièce. Les pièces sont ensuite nettoyées. Pour ce faire, chaque pièce est installée sur une grille ou dans une cage pour les plus petites (boulon, écrous). Elles sont ensuite trempées dans différentes cuves de produits chimiques selon leur alliage pour être traitées.



*Figure 173 : Pièce en train d'être nettoyée.*

Une fois les pièces nettoyées, elles sont contrôlées à l'aide de différentes méthodes telles que le laser pour s'assurer que la pièce n'est pas déformée ou la tremper dans un liquide fluo pour vérifier qu'il n'y a pas de micro-fissures invisibles à l'œil nu (NDT).



*Figure 18 : Laser de mesure.*

### 7.3 GATE 3

Gestion de l'envoi en réparation, de l'approvisionnement et du retour des pièces :

Une fois les pièces nettoyées et contrôlées, elles sont rassemblées dans la GATE 3 où elles sont entreposées dans des grands Transstockeurs en attendant d'être remontées, ce qui permet d'optimiser l'espace utilisé pour le stockage. Certaines sont réparées sur place, d'autres envoyées en réparation extérieure.



Figure 19 : Image d'un transstocker.

### 7.4 GATE 4

- Remontage de la pièce jusqu'au moteur :
- Remontage en modules mineurs (Fan, LPC, HPC, Combustion, HPT, LPT)

J'ai eu la chance de voir une machine permettant de calibrer (centrage et équilibrage) les ailettes HP. Pour les BP, il n'est pas nécessaire d'équilibrer les ailettes, mais il faut simplement vérifier le centrage.

- Remontage en modules majeurs (01X, 02X, 03X)

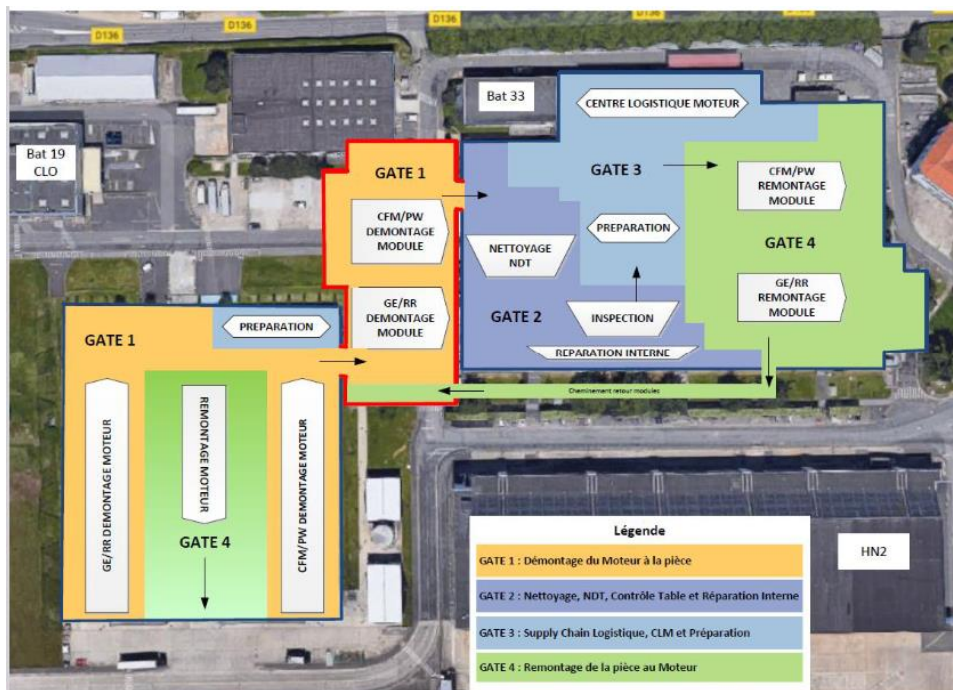


Figure 20 : Plan détaillé des activités.



## 7.5 GATE 5

- Envoie du moteur sur banc d'essai
- Renvoi du moteur au client



*Figure 21 : Moteur sur banc d'essai*

## 8 MAINTENANCE DU LEAP-1B

Pendant mon mois de stage, j'ai principalement suivi l'équipe du LEAP. L'arrivée du moteur étant récente dans l'atelier, il n'est pas encore entré dans la chaîne de production. Une petite équipe de 15 personnes y est assignée (mécaniciens + supports) afin de généraliser les processus de maintenance et de réparation. Cela permet également d'être plus réactif et de réduire les TAT. Pour l'instant AFI traite exclusivement du LEAP-1B et le LEAP-1A est prévu pour septembre 2023.

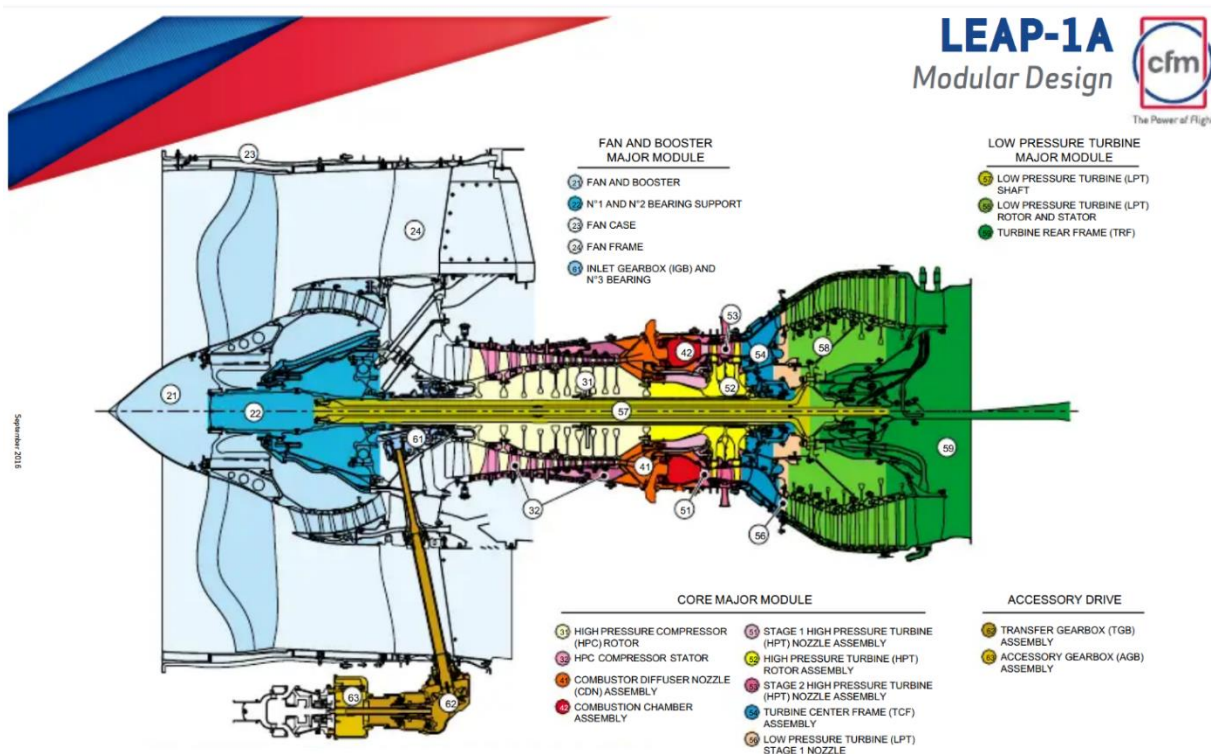
Durant ce mois de stage, j'ai accompagné l'équipe des mécaniciens pendant les phases de démontage et remontage des moteurs, ainsi j'ai pu les assister sur des tâches simples telles que desserrer des vis. Les moteurs étant relativement « jeune » les workscopes réalisés sont peu nombreux.

- RDS + HPT shroud + LPTRR (disque retenering, carter HPT 53X)
- HPT shroud
- RDS + oil nozzle
- IGB + oil nozzle

Mais il peut aussi y avoir des imprévus telles que :

- Changement du LPT
- Changement du carbon seal
- Changement de la TGB
- Changement de l'AGB
- Changement IDG
- Fuel nozzle

Le schéma ci-dessous (Figure 22) n'est pas celui d'un leap-1B, mais permet tout de même d'illustrer mes propos.





Pour réaliser tous ces workscopes les mécaniciens doivent impérativement se référer au « shop manual ». Disponible sur le site du constructeur (myCFMportal). C'est une sorte de notice géante où tout ce qui concerne le moteur y est retranscrit. Les mécaniciens peuvent ainsi y retrouver chaque étape de démontage et de remontage du moteur ainsi que les valeurs de torquage ou de calibrage. Il peut être mis à jour de temps en temps, c'est pourquoi il faut toujours le regarder et ne pas travailler de mémoire.

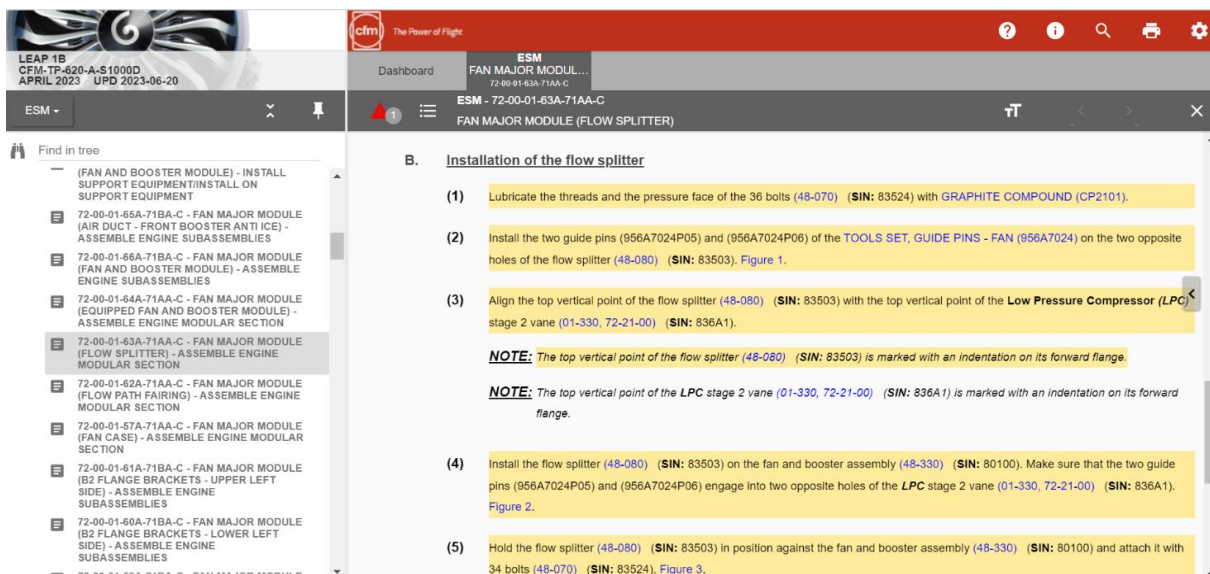


Figure 23 : Screenshot du shop.

Je vais maintenant vous montrer un exemple des étapes à suivre durant un remontage qui a été fait la première semaine suivant mon arrivée suite au changement du RDS. L'objectif était de remettre en place la turbine BP (accostage BP). Pour ce faire, il fallait tout d'abord faire des mesures et des calculs pour bien positionner l'écrou 4 et vérifier ses résultats à l'aide du shop où une marge d'erreur est autorisée. Puis il a fallu installer les outillages à l'aide d'un palan et vérifier le positionnement de la turbine BP (aligner l'arbre avec le corps). Pour vérifier que l'arbre soit bien accosté, on réalise un vacuum test. C'est un test d'étanchéité du moteur. Or lors de ce test nous avons rencontré un problème de fuite qui nous a mené au changement du carbon seal qui est un joint modulable. Pour ce faire, il a fallu démonter la turbine HP. Une fois le tout changé et remonté, on a serré l'écrou 4 à l'aide d'un multiplicateur de torque en prenant en compte les valeurs calculées précédemment. Nous avons ensuite mis en place le bloqueur anti-rotation pour empêcher l'écrou de se desserrer avec les vibrations, ainsi l'accostage de la turbine BP est fini. Pour finir de remonter le moteur, il restait encore l'installation des câblages électriques, la mise en place des mâts à 6h et 12h, l'installation des saccoques utilisées pour refroidir l'huile en vol et la mise en place de la tuyère d'éjection une partie intégrante de l'échappement (nozzle).

J'ai été marqué par l'encadrement et le nombre d'étapes avant chaque manipulation sur le moteur. Chaque étape citée ci-dessus est répertoriée dans le shop que les mécaniciens doivent suivre impérativement. Il existe également une caisse d'outillage pour chaque étape avec tout ce dont on a besoin (les caisses sont préparées en amont par le pôle méthode de l'équipe support). Les mécaniciens disposent aussi de tout ce dont ils ont besoin pour travailler, ils ont à disposition des caisses à outils anti-FOD très bien équipées avec tous types d'outils de tailles différentes.

Durant ce mois de stage, j'ai aussi eu l'occasion d'assister à un self-audit. Cette procédure permet de s'auto-évaluer si l'atelier est conforme, bien rangé, etc. Cela permet de garder un atelier propre, bien équipé, bien rangé et surtout sécurisé. Ainsi, lorsqu'un client vient faire un audit, on peut lui présenter les résultats des self-audits ce qui montre une certaine rigueur dans le travail. Puis en fin de stage, j'ai pu assister à un vrai audit réalisé par « UNITED Airlines », toute la procédure s'est déroulée en anglais et le ton était beaucoup plus sérieux que d'habitude même s'il n'y avait aucun problème à signaler.

## 9 CONCLUSION

J'ai réalisé pendant ce mois de stage ma première expérience professionnelle dans le domaine de l'aéronautique et cela me conforte dans l'idée que c'est le domaine dans lequel j'ai envie de travailler plus tard.

Ce mois de travail était donc l'occasion d'approfondir le domaine que j'ai étudié tout au long de l'année et de voir comment se passe l'entretien et la gestion des moteurs.

Pendant ce stage, j'ai rencontré beaucoup de personnes travaillant au sein de Air France Industries que ce soit au niveau des supports avec Soumare HAMARHA, responsable du Leap ou encore Mario FERNANDEZ qui m'a fait visiter le bâtiment 36, ainsi que tous les mécaniciens.

Toutes ces personnes ont vraiment été bienveillantes et accueillantes. Elles ont toutes pris le temps de m'expliquer ce qu'elles faisaient et m'ont fait découvrir leur métier avec passion.

Durant ce mois, j'ai appris beaucoup de choses que ce soit du vocabulaire (OT, TAT, FOD, HP, BP) ou encore le vocabulaire technique des pièces qui composent un moteur, j'ai aussi appris à me servir d'outils comme les torques.

Cet emploi a été très enrichissant, car j'ai appris de nouvelles choses notamment comment fonctionne la maintenance des moteurs à la chaîne.

J'ai aussi pu constater que la sécurité était au premier plan, ce qui est évident dans un secteur où l'erreur n'est pas permise. J'ai tout de même été marqué par la rigueur dont il fallait faire preuve, chaque action est répertoriée et la moindre rayure sur une pièce la rend obsolète.

Pour conclure, j'ai vu qu'il y avait une super ambiance entre tous les mécaniciens, mais aussi entre techniciens et supports et je trouve cela important pour accomplir du bon travail. Ce fut vraiment agréable de travailler avec eux.

## 10 ANNEXE

### 10.1 Glossaire

AF : Air France

AFI : Air France Industries

HP : Haut Pression

BP: Basse pression

BO : Bon d'opération

FOD : Foreign Object and Debris, c'est le fait d'oublier un outils dans le moteur

TAT : Turner On Time, C'est le temps d'intervention sur un moteur

RDS : Radial Drive Shaft

Workscope : Travaux à réaliser sur le moteur

### 10.2 Bibliographie

Figure 1: Implantation de AFI KLM dans le monde

<https://www.afiklmem.com/fr/reseau/coentreprises>

Figure 2: Filiales de AFI KLM

<https://www.cafedelabourse.com/actualites/action-air-france-analyse-bourse-compagnie-aerienne>

Figure 3

<https://www.lesechos.fr/industrie-services/tourisme-transport/air-france-klm-forte-hausse-du-benefice-en-2018-malgre-les-greves-992668>

Figure 4

<https://www.leparisien.fr/economie/air-france-klm-chute-en-bourse-apres-l-entree-de-l-etat-neerlandais-a-son-capital-27-02-2019-8021151.php>

Figure 5: Logos de AF depuis ça création

<https://logo-marque.com/air-france-logo/>

Figure 6

[https://fr.wikipedia.org/wiki/CFM\\_International\\_CFM56](https://fr.wikipedia.org/wiki/CFM_International_CFM56)

Figure 7

[https://fr.wikipedia.org/wiki/General\\_Electric\\_GE90](https://fr.wikipedia.org/wiki/General_Electric_GE90)

Figure 8

[https://fr.wikipedia.org/wiki/CFM\\_International\\_LEAP](https://fr.wikipedia.org/wiki/CFM_International_LEAP)

Figure 9 : Comparaison entre les LEAP

[https://fr.wikipedia.org/wiki/CFM\\_International\\_LEAP](https://fr.wikipedia.org/wiki/CFM_International_LEAP)

Figure 10

[https://www.bruneau.fr/product/panneau-consignes-de-securite-chantier/8118529?referrer=G15%7C%7Cp1%3Dshopbot%21p2%3DGoogle\\_Shopping%21p3%3D%21p4%3D%21p5%3D%21p6%3D%21p7%3D%21p8%3D%21p9%3D%21p10%3D%21p11%3D5492562o.jmbpr%21p12%3D5624639o.jmbpr%21p13%3D5630161o.jmbpr%21p14%3D196105410o.jmbpr%21p15%3D%21p16%3D%21p17%3D%21p18%3D%21p19%3D%21p20%3D8118485&add-media=FPW&gsi=false&pricettc=true&realprice=true&references=8118485&utm\\_content=5492562o.jmbpr%245624639o.jmbpr%245630161o.jmbpr%24196105410o.jmbpr%24&utm\\_term=8118485&wish=FI1](https://www.bruneau.fr/product/panneau-consignes-de-securite-chantier/8118529?referrer=G15%7C%7Cp1%3Dshopbot%21p2%3DGoogle_Shopping%21p3%3D%21p4%3D%21p5%3D%21p6%3D%21p7%3D%21p8%3D%21p9%3D%21p10%3D%21p11%3D5492562o.jmbpr%21p12%3D5624639o.jmbpr%21p13%3D5630161o.jmbpr%21p14%3D196105410o.jmbpr%21p15%3D%21p16%3D%21p17%3D%21p18%3D%21p19%3D%21p20%3D8118485&add-media=FPW&gsi=false&pricettc=true&realprice=true&references=8118485&utm_content=5492562o.jmbpr%245624639o.jmbpr%245630161o.jmbpr%24196105410o.jmbpr%24&utm_term=8118485&wish=FI1)

Figure 11

<https://www.seton.fr/kit-intervention-habilitation-electrique-bs.html>

Figure 12

<https://www.directindustry.fr/prod/jcb/product-19185-2130965.html>

Figure 13

<https://blog.gants-epi.com/gants-medicaux-fr-devient-gants-epi-com/equipement-de-protection-individuelle/>

Figure 14 : Moteur GE90 sur une chaîne de maintenance

<https://www.usinenouvelle.com/editorial/l-etat-premier-actionnaire-de-safran-cede-2-35-du-capital.N749414>

Figure 15 : Plan du site

Document interne

Figure 16 : Les différentes sections du moteur

Document interne

Figure 17 : Pièce en train d'être nettoyée

<https://www.youtube.com/watch?v=njkmHzQevAY&t=72s>

Figure 18 : Laser de mesure

<https://6-napse.com/equipements/vibrometrie-balayage-laser/>

Figure 19 : Image d'un transstocker

<https://www.kardex.com/fr/technologie/par-famille-de-produits/vertical-buffer-module>

Figure 20 : Plan détaillé des activités

Document interne

Figure 21 : Moteur sur banc d'essai

Document interne

Figure 22

Document interne

Figure 23 : Screenshot du shop

Document interne

### 10.3 Sources

<https://www.airfranceklm.com/fr>

<https://www.societe.com/documents-officiels/air-france-klm-552043002.html#statutshop>

<https://www.airfranceklm.com/fr/nos-atouts/maintenance>

<https://www.societe.com/societe/groupe-air-france-industries-387747082.html>

<https://www.safran-group.com/fr/produits-services/cfm56-best-seller-moteurs-davions-court-moyen-courriers>

<https://fr.scribd.com/document/392912135/LEAP-1A-A3-Modular-Design-Rev2-0#>

**EVALUATION DU STAGE OU DE LA MISSION PAR L'ENTREPRISE**  
**TRAINEES PLACEMENT ASSESSMENT FORM**

04/07/2023

<b>NOM ET Prénom DE(S) ELEVE(S) - STUDENTS NAME</b>	AUCOUTURIER Lilian
<b>NOM TUTEUR/REPRESENTANT(S) DE L'ENTREPRISE TUTOR OR COMPANY REPRESENTATIVE</b>	MONTETAGAUD Tristan
<b>ENTREPRISE (si stage ou contrat) - COMPANY (if work placement or contract)</b>	Air France Industries

Type de contrat ? Type of contract	<input checked="" type="checkbox"/> Stage Internship	<input type="checkbox"/> CDD / Job
<b>Compétences mises en œuvre par le stagiaire Competences put in practice by the trainee</b>	<b>Oui Yes</b>	<b>Non No</b>
Expression écrite et orale - <i>Written and oral expression</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Rédaction de documents techniques - <i>Redaction of technical documents</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pratique de la langue anglaise - <i>Practice of English language</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Exploitation d'outils bureautique (Word, Excel, Access, power point...) <i>Use of IT skills (Word, Excel, Access, power point...)</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Recherche documentaire - <i>Documentary Research</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Utilisation de progiciels CAO ou langages informatiques <i>Utilisation of CAO logiciels or IT Programmes</i>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>
Utilisation de moyens de fabrication, ou d'appareils de mesure <i>Utilisation of means of fabrication or measuring apparatus</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Intégration dans un processus logistique ou de qualité <i>Integration in a logistic or quality process</i>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Niveau du stagiaire			
Niveau Cycle Bachelor		Niveau Cycle Préparatoire	
Bachelor 1	<input type="checkbox"/>	AERO 1	<input type="checkbox"/>
Bachelor 2	<input type="checkbox"/>	AERO 2	<input checked="" type="checkbox"/>
		AERO 3	<input type="checkbox"/>
Pensez à indiquer			
<b>Votre NOTE GLOBALE</b>		18	/20
note seuil pour valider le stage fixée à 12/20			

Comportement en situation de travail - <i>Behaviour in the workplace</i>	Insuffisant Insufficient	Moyen Average	Bien Good	Très bien Very Good	N/A Not applied
Aptitude à communiquer - <i>Communication Aptitude</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Dynamisme - <i>Dynamism</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Curiosité intellectuelle, esprit d'initiative - <i>Intellectual Curiosity, sense of initiative</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Motivation - <i>Motivation</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ponctualité / Assiduité - <i>Punctuality</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Présentation (tenue, langage,...) - <i>Presentation (physical, language,...)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Autonomie - <i>Autonomy</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Respect des délais - <i>Respect of deadlines</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Respect des règles de sécurité (si applicable) - <i>Respect of health and safety (if applicable)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Efficacité - <i>Efficacy</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Organisation du travail / Méthodologie - <i>Organisation of work/ Methodology</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Compétences techniques - <i>Technical Competence</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Niveau technique du sujet de stage (Ingénierie) <i>Technical level of subject of stage (engineering)</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sensibilité aux problématiques DD-RSE de l'entreprise/ <i>Sensitivity to the company's SD-CSR issues</i>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

Cocher la case correspondante

<b>COMMENTAIRES (obligatoire) - Commentaries (compulsory)</b>
<p>Lilian s'est parfaitement intégré à l'équipe LEAP. La durée de son stage (5 semaines) et l'avancée du projet d'industrialisation du LEAP chez AFI KLM E&amp;M n'ont pas permis de développer pleinement son sujet initial de stage, mais Lilian a réussi, de part sa motivation, son autonomie et son esprit d'initiative, à découvrir et supporter les équipes de production. Son dynamisme lui a permis de rapidement gagner la confiance des mécaniciens, lui permettant ainsi de profiter pleinement de leur expérience afin de découvrir le monde de l'entretien aéronautique. Il a également été très impliqué dans ses relations avec les différents services support de la production, afin de comprendre notre organisation pour mieux appréhender la façon dont les problématiques techniques/logistiques/méthodes sont gérées.</p> <p>En résumé, un excellent stage de la part de Lilian.</p>

Merci de renvoyer ce document **dès que possible** / *Please return the completed document asap*

mail : aureline.manac-h@ipsa.fr - tel : 33(0)1 84 07 15 35

Adresse/ Address : IPSA - 63 bis boulevard de Brandebourg - 94200 IVRY SUR SEINE



Pendant mon stage de fin d'année à Air France Industries, j'ai eu l'opportunité de travailler dans la **section moteur** et de découvrir le domaine fascinant de la **maintenance** et de la **réparation** des moteurs aéronautiques.

Ce stage d'un mois m'a permis d'appliquer mes connaissances théoriques et de relever les défis techniques et opérationnels du secteur. En travaillant aux côtés d'une **équipe compétente**, j'ai pu approfondir mes compétences techniques et acquérir une vision concrète des **enjeux de la maintenance des moteurs**.

Dans ce rapport de stage, je présente l'entreprise **Air France-KLM**, ses activités dans le transport de passagers, le fret et la maintenance aéronautique. J'explore également la filiale **Air France Industries**, responsable de la maintenance et de la réparation des avions, et ses différentes directions opérationnelles.

Je présente également les moteurs auprès desquels j'ai travaillé, notamment les **moteurs CFM56-5B, CFM56-5C, GE90 et Leap-1B**. Ces moteurs sont largement utilisés dans l'aviation commerciale, et j'explique leurs caractéristiques et leur importance dans l'industrie.

Mon stage à Air France Industries a été une expérience enrichissante qui m'a permis de mettre en pratique mes connaissances, de développer mes compétences techniques et d'appréhender les enjeux du secteur de la maintenance des moteurs aéronautiques. Cette expérience professionnelle a été une étape importante dans mon parcours d'ingénieur en aéronautique à l'IPSA.

