

UNIVERSITE SAAD DAHLAB DE BLIDA

Faculté de Technologie

Institut de l'Aéronautique et les études Spatiales



MEMOIRE DE MASTER En Aéronautique

054/017
EX2

Spécialité : Opérations Aériennes

La dégradation des performances du Boeing 737-800

Par

Boudia kamel Eddine

Promoteur :

M.Lagha

encadreur :

F.Bouamrani

Blida, Septembre 2017

Résumé

Le suivi de dégradation des performances est un élément principal dans l'optimisation des performances. Celui ci consiste à comparer le niveau des performances réelles des avions par rapport, aux performances prévisionnelles constructeur lors des vols de test, ce qui permettra l'ajustement de la consommation carburant dans le plan de vol d' exploitation et de mettre en place un programme de maintenance préventif.

Abstract

Tracking performance degradation is a key element in optimizing performance. This consists in comparing the level of actual performance of the aircraft with respect to the manufacturer's predicted performance during the test flights, which will allow the adjustment of the fuel consumption in the flight plan, and to implement a preventive maintenance program.

REMERCIEMENTS

A travers cet humble projet de fin d'études, nous tenons à remercier en premier lieu nos chers parents pour leur soutien et leur encouragement sans faille tout au long de notre cursus scolaire.

L'Institut de l'Aéronautique de Blida mérite une mention particulière pour nous avoir permis d'accéder à une formation de choix dans ce domaine ainsi qu'un apprentissage rigoureux de la discipline aéronautique.

Nous exprimons notre profonde reconnaissance à notre promoteur M.lagha ainsi qu'à l'encadreur de ce projet au niveau de la compagnie TASSILI AIRLINES M.Bouamrani Farid.

Enfin, nous tenons à exprimer notre gratitude à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce projet de fin d'études.

TABLE DES MATIERES

RESUME	01
REMERCIEMENTS	02
TABLES DES MATIERES	03
LISTE DES ILLUSTRATIONS ET TABLEAUX	07
INTRODUCTION	09

Chapitre 01 : Présentation de la compagnie et la flotte B737-800

1. 1.Introduction	09
1.2 Présentation de Tassili Airlines.....	09
I.2.1 Historique de la compagnie:.....	09
I.2.2 Les différentes missions de Tassili Airlines.....	10
1.2.3. Structure de l'organisation	11
1.2.4. Organigramme général de la direction d'exploitation.....	11.
1.2.5. Politique de Tassili Airlines.....	13
1.2.6. Infrastructure	14
1.2.7. Ressources humaines	15
1.2.8. Stratégie	15
1.2.9. Les services de Tassili Airlines	16
1.2.10. La flotte de la compagnie.....	16
1.3. Présentation de l'appareil B737-800	17
1.3.1. Description de l'avion B737-800	17
1.3.2Motorisation du B737-800	18
1.3.3. Caractéristiques et performances du moteur CFM56-7B....	19
1.3.4. Cabine des passagers	20
1.3.5: Plan technique du B737-800.....	20.
1.3.6. Performances et caractéristiques générales du B737-800 W SFP ..	22
1.4. CONCLUSION	24

Chapitre 02 : Notions et définition

2.1. Limitations structurales.....	25
2.2. Vitesse conventionnelle (Vc)	25..
2.3. Vitesse vraie (Vv) et vitesse propre (Vp).....	26
2.4. Vitesse indiquée (Vi).....	26
2.5. Vitesse sol	27
2.6. Vitesse associée au décollage	27
2.7. Consommation spécifique de carburant	28
2.8. Consommation distance	28

Chapitre 03 : Système de suivi des performances APM

3.1. Introduction	29
3.2. Enjeux	29
3.3. L'intérêt du Suivi des performances.....	29
3.4. Les paramètres affectant la dégradation	30
3.4.1. Dégradation des performances aérodynamiques de la cellule	30
3.4.2. Dégradation des moteurs	30
3.5. Le processus de suivi des performances avion	31.
3.6. Les avantages du système de suivi des performances APM	32
2.4. Les composantes de l'APM	33
3.8. Paramétrage initial du BPS pour APM	33
3.8.1-Configurer les préférences d'APM dans le programme bps	34
3.8.2. Base de données APM (Base de données en-route)	39
3.8.3. Importation de bases de données en route :.....	40
3.9. Conclusion	44

Chapitre04 : Mesure pratique et suivi de coefficients de dégradation par avion

4.1. Introduction.....	45
4.2. Options d'enregistrement des données de croisière.....	45
4.2.1) Enregistrement manuel des données à bord	45
4.2.1. Enregistrement automatisé de données à bord.....	47
4.2.4. Le rôle de l'ACMS dans l'enregistrement automatisé des données à bord	48.
4.2.5. Collecte des données post-vol par Interrogation du périphérique .d'enregistrement embarqué.....	49.
4.3. Entrée des données de croisière enregistrées dans le logiciel.....	49
« BPS »	
4.3.1) Conversion des données enregistrées en Format DSIRF ou MSIRF.....	50.
4.3.2 Entrée manuel des données de croisière dans BPS.....	52
4.4) Utilisation et interprétation des résultats APM.....	52.
4.4.1) Utilisation des résultats APM	53
4.4.2. Détermination des facteurs de flux de carburant :.....	53.
4.4.3. Identification des exigences d'entretien possibles.....	54.
4.5. Quantité nécessaire des données en croisière.....	56
4.6. Le niveau des performances souhaité	56
4.7.	
Conclusion.....	58

Chapitre 05 : analyse et résultats

5.1. Introduction	60
5.2. L'analyse des résultats de l'APM.....	60
5.3. Méthode d'analyse des graphes	60
5.3.1 . L'avion 7T-VCA	61.
5.3.2 . L'avion 7T-VCB	62
5.3.3 . L'avion 7T-VCC	63
5.3.4 . L'avion 7T-VCD	64
5.4. L'interprétation des résultats de la flotte	65
5.5. CONCLUSION	67
CONCLUSION	68
BIBLIOGRAPHIE	69
ANNEXES.....	70

LISTES DES ILLUSTRATIONS ET TABLEAUX

Figure 1.1: Organigramme général de la direction d'exploitation.

Figure 1.2 : Vue en coupe du moteur CFM56-7B.

Figure 1.3 : Plan technique du B737-800.

Figure 1.4 : Plan à trois vues du B737-800.

Figure 1.5 : Les vitesses associées au décollage.

Figure 1.6 : Le processus de suivi des performances avion.

Figure 1.13 : La variation des coefficients de dégradation du 7T-VCA .

Figure 1.14 : La variation des coefficients de dégradation du 7T-VCB.

Analyse des résultats de l'avion 7T-VCB .

Figure 1.15 : La variation des coefficients de dégradation du 7T-VCC.

Figure 1.16 : La variation des coefficients de dégradation du 7T-VCD.

Figure 1.17 : Les valeurs des coefficients de dégradation obtenues par le programme APM Année (2017).

Tableau 1.1: caractéristiques et performances du moteur CFM56-7B 24.

Tableau 1.2 : Informations générales sur le B737-800.

Tableau 1.3 : Performances du B737-800.

Tableau 1.4 : Motorisation du B737-800.

Tableau 1.5 : Spécificités du B737-800.

Tableau 1.6 : Les limites d'emploi du B737-800.

Tableau 1.7 : Les limitations structurales B737-800.

Tableau 1.11 : les coefficients de dégradation du 7T-VCA.

Tableau 1.9 : les coefficients de dégradation du 7T-VCB

Tableau 1.10 : les coefficients de dégradation du 7T-VCC.

Tableau 1.8 : les coefficients de dégradation du 7T-VCA.

Introduction

L'avion en service est exposé à une charge dynamique qui dégrade ses caractéristiques aérodynamiques et de vol.

La performance de vol est en fonction des caractéristiques physiques de l'avion qui changent en raison de la dégradation.

La dégradation de la portée spécifique, de l'endurance et d'autres performances de vol pourraient affecter les procédures opérationnelles et de maintenance de l'avion dans l'utilisation future.

Il est très important de surveiller les changements de performance de l'avion pendant les opérations. Selon la recherche de l'entreprise, la différence entre la gamme spécifique de l'avion est de -1,3% par ans lorsqu'il n'y a pas de remplacement moteur et -0,3% par ans avec remplacement du moteur

La dégradation des aéronefs comprend également le terme détérioration aérodynamique .

Les principaux fabricants d'aéronefs, Airbus et Boeing, ont développé des systèmes de surveillance de la performance des vols qui peuvent mesurer le niveau de détérioration des performances

1.1 Introduction

La concrétisation du projet s'est observée au niveau de la compagnie aérienne algérienne TASSILI AIRLINES dont je décrirai dans la première partie de ce chapitre ses aspects fondamentaux.

La deuxième partie comportera une description détaillée de l'avion B737-800 en me référant au manuel d'exploitation de la compagnie et le manuel de vol de B737-800.

1.2 Présentation de Tassili Airlines:

Tassili Airlines est une compagnie aérienne algérienne parapétrolière, sous l'action de l'entreprise Sonatrach, qui assure les services du travail aérien ainsi que le transport du personnel Sonatrach et de ses partenaires des sociétés étrangères.

1.2.1 Historique de la compagnie:

Tassili Airlines a été créée le 30 mars 1998, à l'origine il s'agissait d'une alliance entre le groupe pétrole algérien Sonatrach (51% du capital social) et la compagnie Air Algérie (49% du capital social). Sa mission principale était de réaliser des services aériens pour le compte des sociétés pétrolières et parapétrolières en Algérie.

En avril 2005, le groupe Sonatrach a racheté les parts que détenait Air Algérie pour en faire une filiale à part entière, pour arriver à la création d'une société de transport aérien pour la prise en charge de la relève pétrolière et parapétrolière dans les meilleures conditions de sécurité, ponctualité, qualité, flexibilité, et confort.

Le 28 septembre 2011, Tassili Airlines reçoit l'autorisation du ministère des transports algériens d'effectuer des vols grand public.

Le 4 octobre 2011, la compagnie réceptionne son quatrième Boeing 737-800 et procède à l'inauguration de sa première agence commerciale à l'aéroport d'Alger.

Depuis fin novembre 2011, la compagnie a obtenu le label international de qualité IOSA (IATA Operational Safety Audit), délivré par l'association internationale du transport aérien (IATA).

Le 28 septembre 2012, la compagnie inaugure son premier vol international à destination de Rome.

I.2.2 Les différentes missions de Tassili Airlines

La société a pour objet d'organiser et d'exploiter les services aériens de transport par aéronef, sur le réseau national et international, dans les domaines suivants :

- *Chartes pour la Sonatrach et ses filiales (groupements et associations);
- *Mises à disposition permanente (hélicoptères, Beechcraft, Cessna et Pilatus);
- *Évacuations sanitaires;
- *Vols à la demande (taxi aérien, vols VIP):
- *Vols navettes entre Alger et Hassi Messaoud et Alger In Amenas;
- *Réalisation des vols réguliers ;
- *Affrètement d'avions ;
- *Formation du personnel technique aéronautique ;
- *Activité connexe (Catering, assistance au sol représentation...).

Toute autre opération qu'elle soit industrielle, commerciale, financière ou immobilière se rattache directement à son objet social.

1.2.3. Structure de l'organisation

La compagnie aérienne Tassili Airlines englobe quatre départements généraux :

- Sous direction Qualité.
- Sous direction d'informatique et Télécommunication.
- Bureau Sûreté Aérienne.
- Bureau Sécurité des vols.

Ainsi que les six directions suivantes :

- Direction Études Planification.
- Direction des Ressources Humaines.
- Direction Finances et comptabilités.
- Direction Commerciale.
- Direction Technique.
- Direction Exploitation.

Le tout étant sous le patronat du Président Directeur Général.

1.2.4. Organigramme général de la direction d'exploitation

Le Directeur Exploitation est le responsable des opérations aériennes et des opérations au sol.

Sous l'autorité du Président Directeur général, il a pour mission d'exécuter le programme d'exploitation arrêté par la compagnie dans les conditions de sécurité, de sûreté, de régularité, de qualité et de rentabilité économique conformément à la réglementation aéronautique nationale et internationale et aux procédures de la compagnie, ainsi que de mettre en œuvre, coordonner et contrôler la bonne exécution de l'ensemble des activités qui ont pour but la préparation, l'exécution, le

suivi et le contrôle des vols programmés. Mais tout cela ne peut être effectué qu'avec toute une équipe ou un groupe de personnes qui sont désignées dans l'organigramme suivant :

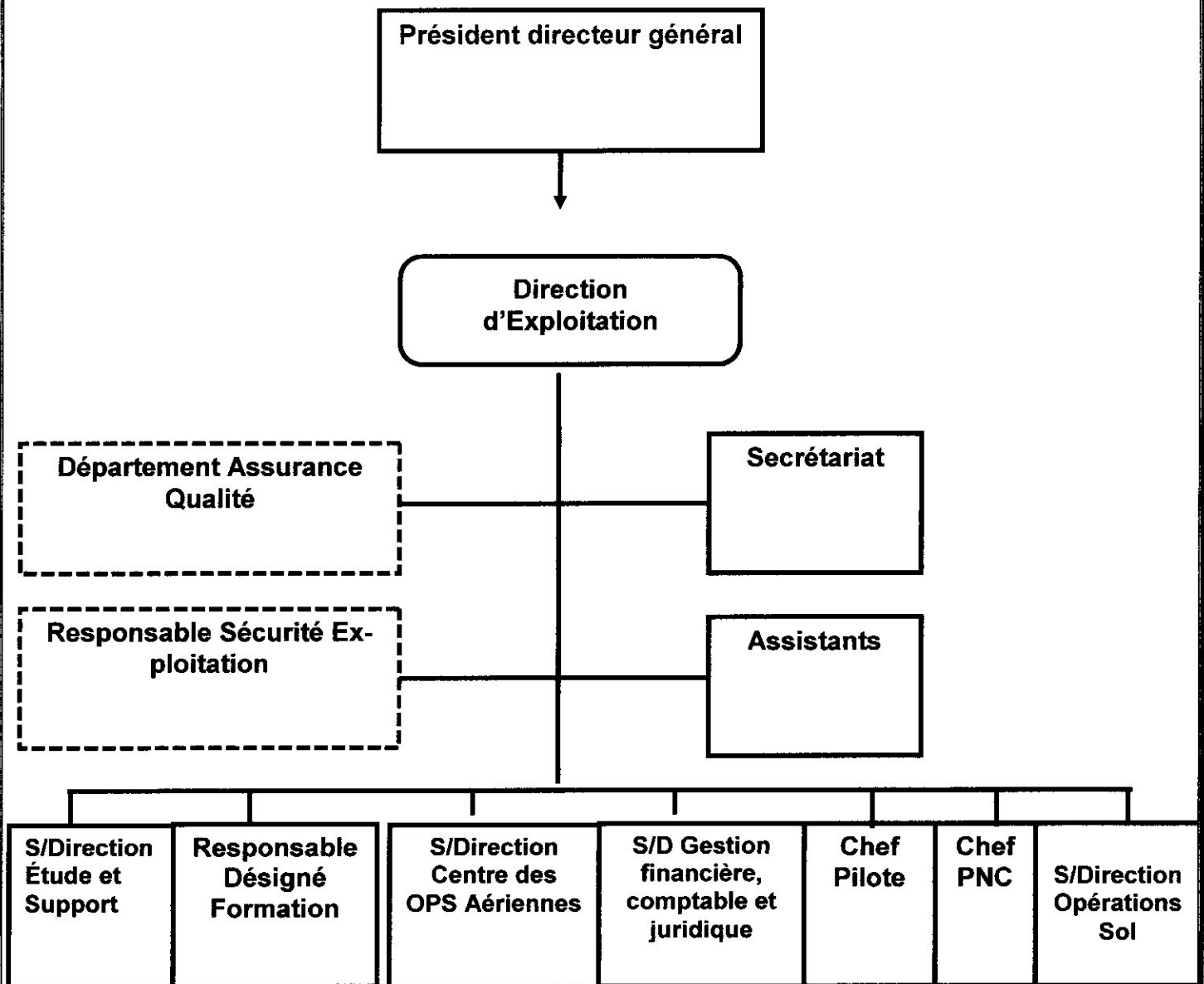


Figure 1.1: Organigramme général de la direction d'exploitation.

1.2.5. Politique de Tassili Airlines:

La politique de la compagnie aérienne Tassili Airlines est axée sur les engagements suivants:

- **Sécurité des vols :**

La mise en œuvre d'un Système de Gestion de Sécurité (SGS) comme prescrit par l'OACI.

- Création de la structure chargée du suivi, de l'analyse et de la sécurité des vols (Flight Safety Bureau /FSB).
- Mise en place du Comité de Sécurité des vols pour l'identification des dangers et la gestion des risques.
- Mise en place d'une Cellule de Traitement des Incidents et prise en considération du retour d'expérience (recommandations).
- Mise en place d'un Plan d'Urgence qui décrit et précise les tâches, les responsabilités et les actions à entreprendre face aux conséquences d'un accident.

- **Sûreté aérienne :**

Le programme de sûreté aérienne est compris dans l'annexe 17 de l'OACI et concerne la protection des personnes et des biens contre tout acte d'intervention illicite par la création de la structure chargée de la sûreté aérienne et l'élaboration du programme de sûreté de la compagnie.

- **Qualité :**

La qualité est assurée par l'implémentation du Système de Gestion Qualité (QMS) exigé par la réglementation nationale et internationale observé par le programme d'Audit Qualité 2011 approuvé et en cours d'exécution en sensibilisant le personnel de Tassili Airlines en matière de qualité et de facteur humain et par la surveillance permanente de l'application des procédures réglementaires ainsi que le principe d'amélioration continue.

- **Hygiène, santé, sécurité et environnement (HSE) :**

La mise en place de la politique du groupe Sonatrach dans les secteurs d'hygiène, santé, sécurité et environnement avec la maîtrise des risques professionnels et la coordination des travaux en vue d'obtenir des certifications ISO 14001 et OHSAS18001.

- **IOSA :**

Tassili Airlines s'est inscrite volontairement dans le programme IOSA (« IATA Operational Safety Audit ») en vue de rehausser le niveau de sécurité de ses activités. Un programme d'audit continu dont ce dernier a été effectué au mois de mai 2014.

1.2.6. Infrastructure

Conformément à la réglementation en matière d'infrastructure ,qu'une compagnie aérienne est sensée occuper et suivre les différentes audit dont a fait l'objet Tassili Airlines ;aussi bien de la part de la direction de l'aviation civile algérienne ,que celle de IATA et des clients potentiels , il avait décidé de mettre en œuvre le projet de construction des centres de maintenance et d'exploitation au sein de l'aéroport d'Alger «Houari Boumediene » ces derniers permettront à notre personnel de pouvoir travailler dans des conditions plus appropriées et en adéquation avec les standards internationaux ;car ces deux bâtiments ,de part leurs conception ,répondent aux normes internationales en matière de sécurité , de confort et d'espace vital .

- **Centre de maintenance**

Le centre de maintenance est un hangar homologué de 75*65 m²,dont 1800 m² de locaux , Au rez-de-chaussée ;ateliers ,magasins, bureaux de contrôle et de supervision ;au premier étage ;salle des réunions de formation de documentation et bibliothèque technique .l'autre partie de hangar peut recevoir les aéronefs pour traitement de maintenance

- **Centre d'exploitation**

Le centre d'exploitation est le centre névralgique des opérations aériennes . Plusieurs directions , départements et services s'y côtoient afin de charger le lancement des vols, leur suivi en temps réel, la programmation des équipages, des aéronefs, les qualifications, la formation , les contrôles du personnel navigant .

Il existe aussi des salles de repos pour les équipages et des salle de briefing –débriefting . La nouvelle superficie dont dispose la direction d'exploitation est de 3000 m² .Sa construction de structure légère et les espaces qu'elles offrent répondant tout à fait aux critères établis en matière de bâtiments administratifs pour l'activité aérienne.

Le mur rideau et les vitres à doubles parois assurent une excellente qualité en matière d'isolation acoustique et thermique.

1.2.7. Ressources humaines

En termes de recrutement la compagnie a développé des plans annuels de recrutement et de formation pour les métiers de base (maintenance ,exploitation et communication) ainsi que les outils modernes de GRH (gestion des ressources humaines).

La formation du personnel navigant et de maintenance comprend la mise en valeur du potentiel humain par l'amélioration constante de ses performances techniques et des actions de perfectionnement

1.2.8. Stratégie

Tassili Airlines a concentré ses efforts sur la poursuite de son développement dans tous les domaines et en particulier:

- **La modernisation de son organisation.**
- **La mise en conformité de ses pratiques et de ses procédures.**
- **Le renforcement de tous ses moyens matériels et humains.**

Sur le plan de l'activité commerciale, un programme de développement ciblant aussi bien le marché pétrolier que celui du grand public est envisagé en vue d'augmenter les parts de marché de Tassili Airlines tout en intensifiant l'exploitation des segments de marchés existants.

1.2.9. Les services de Tassili Airlines

- **Vols charters pétroliers :**

C'est la vocation première de Tassili Airlines qui collabore avec les sociétés pétrolières, parapétrolières et toutes celles du secteur de l'énergie et des mines, en mettant à leur disposition des vols charters dédiés à leurs besoins spécifiques.

- **Vols à la demande :**

La compagnie met à la disposition de toutes institutions demandeuses, un service location d'avion ou l'hélicoptère suivant plusieurs formules : un col, une série de vols, évacuation sanitaire.

1.2.10. La flotte de la compagnie

Tassili Airlines possède aujourd'hui une flotte d'aéronefs de divers types satisfaisants à la demande du marché aérien en Algérie.

Cette flotte est en cours de modernisation et d'extension composée actuellement de 12 aéronefs. Les avions les plus récents reçus en 2011, sont des Boeing 737-800 NG.

- **Les types d'avion de la flotte de Tassili Airlines :**

04 Boeing 737-800 : 7T-CVA, 7T-VCC et 7T-VCD ;

04 Bombardier Q400 (DH8D) ;

04 Bombardier Q200 (DH8B) ;

1.3. Présentation de l'appareil B737-800

Le Boeing 737-800, qui est une version étirée du B737-700, est un avion de ligne biréacteur, court à moyen-courrier, construit par la société Boeing commercial air plane company (USA). Il effectua son premier vol le 9 avril 1967.

Pour le bon choix de l'appareil, il faut prendre en considération plusieurs paramètres :

Performances de l'avion :

La consommation du carburant ;

Le réseau (court, moyen ou long courrier) ;

La demande (nombre de passagers).

1.3.1. Description de l'avion B737-800

La nouvelle génération de Boeing 737NG (737-600, 737-700, 737-700ER, 737-800, 737-900ER), est équipée de réacteurs CFM56-7B et d'un cockpit ultramoderne entièrement numérique, déjà plus de 4000 appareils de cette génération ont été produits.

Le Boeing 737-800 est la version la plus vendue de la famille 737 Next-Generation, connu pour sa fiabilité, son efficacité énergétique et sa performance économique. Le B737-800 est sélectionné par les transporteurs de premier plan à travers le monde, car il fournit aux opérateurs la flexibilité nécessaire pour desservir un large éventail de marchés. Le jet des monocouloirs qui peut accueillir entre 162 et 189 passagers, peut voler 260 NM plus loin et consommer 7% moins de carburant tout en transportant 12 passagers de plus que le modèle concurrent.

Le 737-800 a été lancé le 5 septembre 1994, avec des engagements de clients pour plus de 40 avions. La première livraison était destinée au transporteur allemand Hapag-Lloyd en 1998. Le 13 mars 1998, le B737-800 a obtenu la certification type de la Federal Aviation Administration (FAA) américaine suivi d'une validation de type JAA le 9 avril 1998.

1.3.2. Motorisation du B737-800

Le B737-800 est motorisé par deux turbofans (CFM 56-7B 24-27).

Le CFM56-7B est un turbo fan, double corps à flux axial à haut taux de dilution, court et léger et d'une conception entièrement modulaire pour faciliter sa maintenance. Il délivre une poussée à l'avion et assure la puissance des circuits de bord.

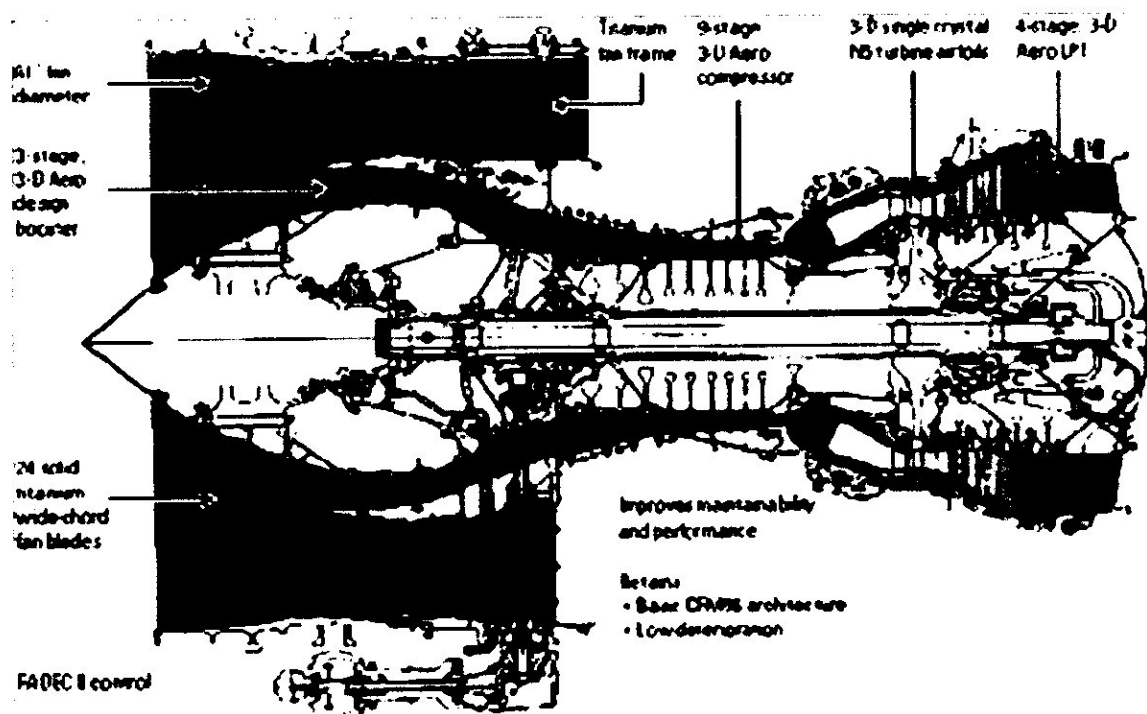


Figure 1.2 : Vue en coupe du moteur CFM56-7B.

1.3.3. Caractéristiques et performances du moteur CFM56-7B 24

Le tableau ci-dessous présente les caractéristiques et performances du moteur CFM56-7B 24.

Poussée	24000 lb
Diamètre du fan	1,55m
Poids du moteur à vide	2358 kg
Masse de la nacelle avec moteur	3300 kg
Longueur	2.629 m
Taux de compression	32
Taux de dilution	5.3
Mach	0.8
Débit d'air au décollage	385 kg/h
N1 max	(104%) 5380 tr/mn
N2 max	(205%)15183 tr/mn
Vitesse moyenne d'éjection des gaz (décollage)	295 m/s
Consommation spécifique	0.59 kg/h/n
Générateur électrique	90 kva
EGT max	950 °C

Tableau 1.1: caractéristiques et performances du moteur CFM56-7B 24.

1.3.4. Cabine des passagers

Le plan de la cabine est divisé en deux classes : 20C pour la première classe et 135Y pour la classe économique.

1.3.5: Plan technique du B737-800

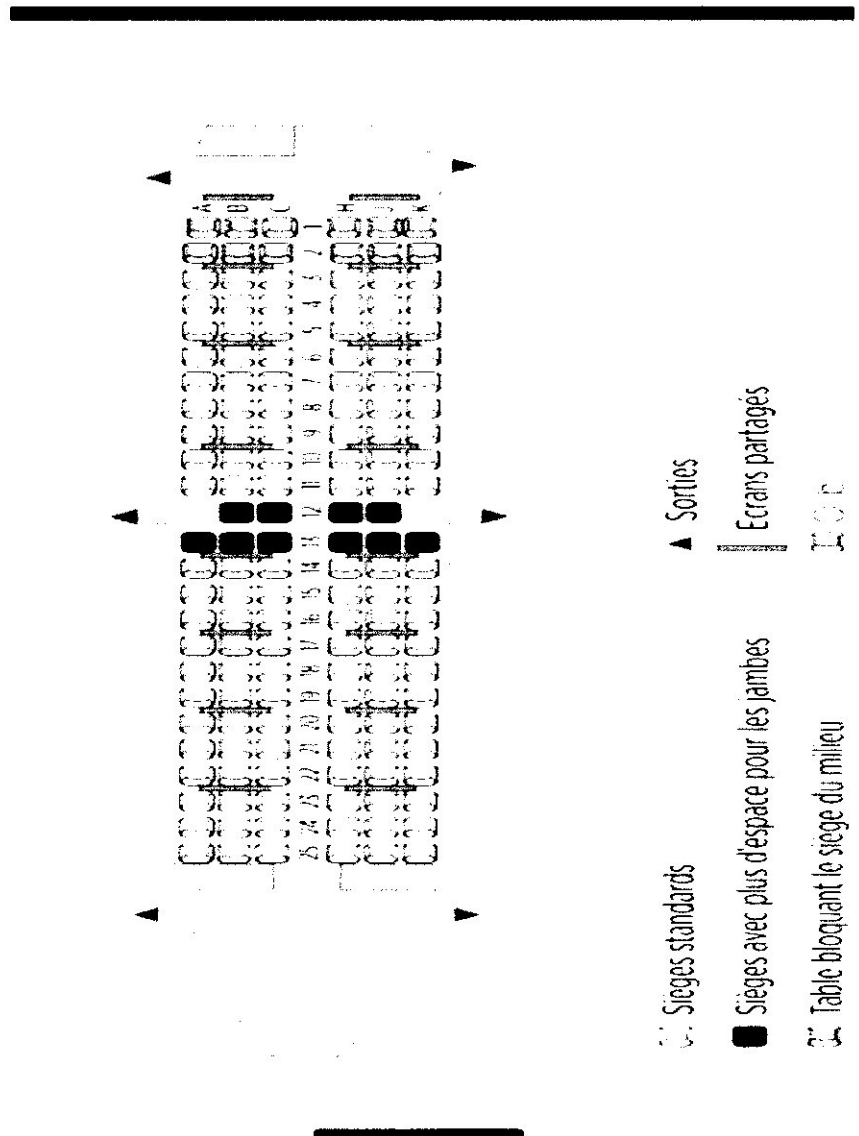


Figure 1.3 : Plan technique du B737-800

La figure ci-dessous illustre plus en détails les spécificités techniques et les dimensions primaires pour une configuration avec winglets :

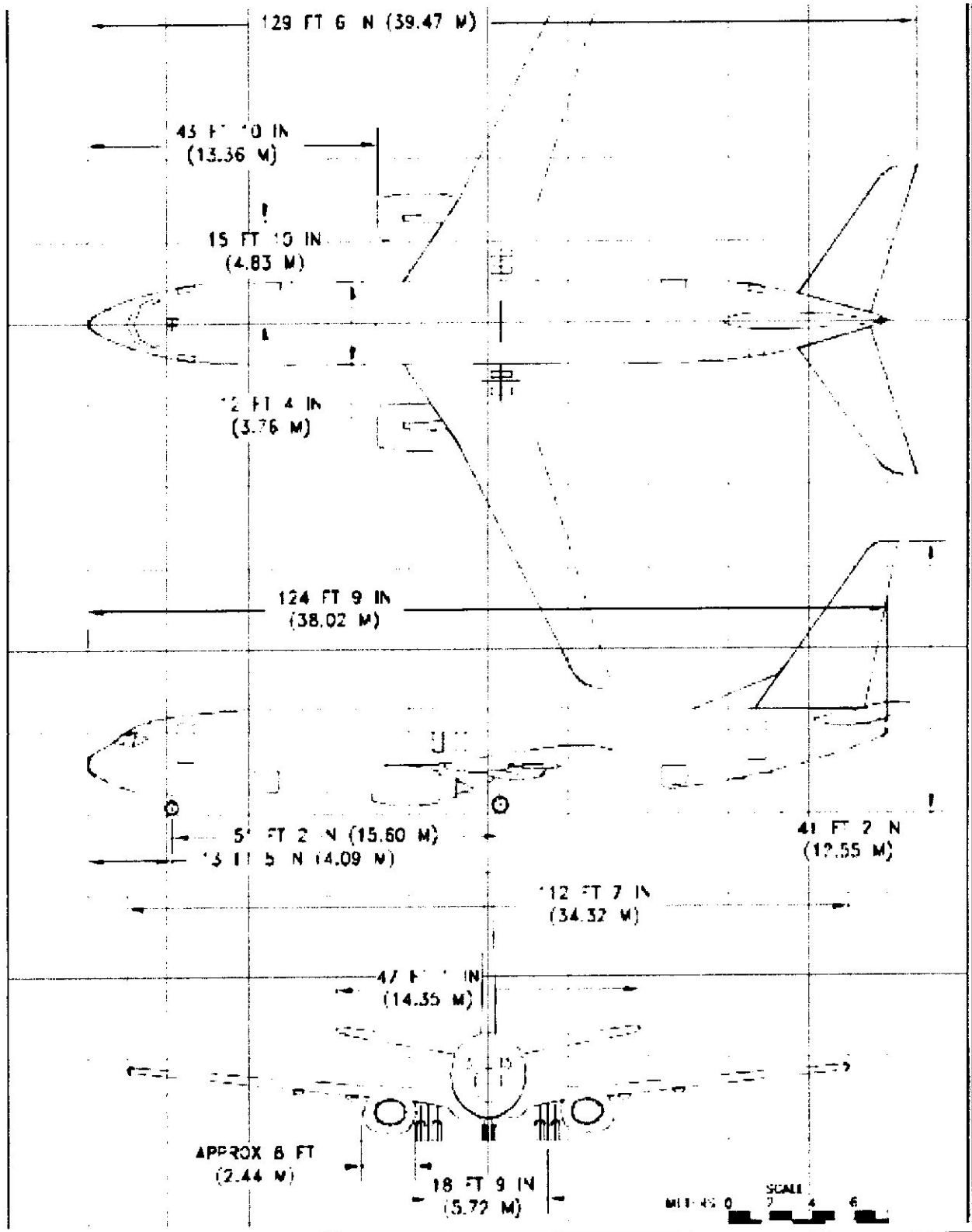


Figure 1.4 : Plan à trois vues du B737-800

1.3.6 . Performances et caractéristiques générales du B737-800 W SFP :

Les tableaux suivant liste les principales caractéristiques du B737-800 SFW :

INFORMATIONS GÉNÉRALES

Constructeur	Boeing
Type	Avion de ligne Moyen-courrier
Statut	En production
Compagnie de lancement	Hapag Lloyd (TUfly)
Coût unitaire	US\$ 80.8 millions
Nombre de commandes	3892
Nombre de livraisons	2332

Tableau 1.2 : Informations générales sur le B737-800

PERFORMANCES

Vitesse de croisière	Mach 0.78(828 km/h)
Vitesse maximale	Mach 0.82 (876 km/h)
Autonomie à pleine charge (PC)	3115 NM (5765 km)
Distance de décollage à PC	2400m (au niveau de la mer)
Plafond opérationnel	12500 m (FL 410)

Tableau 1.3 : Performances du B737-800

MOTORISATION

Nombre	2
Moteur	CFM International CFM56-BM
Poussée (x2)	121.4 KN
Diamètre turbine	1.55 m

Tableau 1.4 :Motorisation du B737-800

SPÉCIFICITÉS

Équipage	Deux pilotes
Passagers	189 (Classe Haute densité)/ 175 (Classe traditionnelle) 162 (deux classes)
Fret	44 mètres cubes
Longueur	39.5 m
Envergure	35.79 m
Surface alaire	125 mètres carrés
Dièdre	25.02
Hauteur maximale	12.55 m
Largeur cabine	3.54 m
Largeur fuselage	3.76 m
Hauteur fuselage	4.01 m
Hauteur cabine	2.20 m
Atterrisseur	Type tricycles Amortisseurs : AV/AR oléopneumatiques
Masse de base	42951 kg
Charge utile	41.41 t

Tableau 1.5 : Spécificités du B737-800

LIMITES D'EMPLOI

Poids maximum décollage	79015 kg
Poids maximum atterrissage	65317 kg
Poids maximum sans carburant	62731 kg
Capacités réservoirs	26020 l
VMO	340 kg/s
Vitesse maximale avec volets ouverts	185 kts avec 40

Tableau 1.6 : Les limites d'emploi du B737-800

1.4. CONCLUSION

Lors de ce premier chapitre, j'ai abordé plusieurs thématiques en commençant par une représentation de la compagnie aérienne Tassili Airlines qui est une toute jeune compagnie mais qui se renforce petit à petit avec du personnel qualifié et des avions adaptés à tous les types de missions.

J'ai par la suite présenté les avions qui constituent la flotte de la compagnie, avec une description détaillée des performances et des caractéristiques de l'un des appareils qui est le B737-800 concerné par ce projet.

Chapitre02 Notions et Définitions

2.1. LIMITATIONS STRUCTURALES

Les limitations structurales sont définies par le constructeur de l'avion en fonction des calculs de résistance des matériaux qui ont été élaborés lors de la conception de l'avion. Elles peuvent être « customisées » suivant les demandes des exploitants, en modifiant certains éléments de la structure. Il n'est donc pas rare de trouver, dans une même flotte, des avions qui ont des limitations structurales différentes suivant leur origine ou l'utilisation qui en est faite...

Limitations Structurales B737-800

[Option - Typical 737-800]

Weights	Pounds / Kilograms
Maximum Taxi Weight	156.000 / 70.760
Maximum Takeoff Weight	155.500 / 70.533
Maximum Landing Weight	144.000 / 65.317
Maximum Zero Fuel Weight	136.000 / 61.688

Tableau 1.7 : Les limitations structurales B737-800

2.2. Vitesse conventionnelle (Vc) ou Calibrated Air Speed (CAS)

C'est le paramètre principal utile au pilote pour conduire sa machine, car il est facilement mesurable à bord et quasi égal au paramètre Ev du paragraphe précédent, dans le domaine de vol des avions légers.

2.3. Vitesse vraie (Vv) ou True Air Speed (TAS) et Vitesse propre (Vp) La Vv ou TAS

Est la vitesse réelle de l'avion par rapport à l'air, d'où le nom scientifique de vitesse aérodynamique. L'utilisation d'unités telles que kts ou km/h est bien justifiée puisque Vv est réellement une vitesse de déplacement de l'avion par rapport à son milieu ambiant, l'air et de son entretien

2.4. Vitesse indiquée (Vi) ou Indicated Air Speed (IAS)

Comme aucun instrument réel n'est parfait, la mesure de Δp et sa transformation en Vc par l'anémomètre sont entachées d'erreurs de diverses natures :

*erreur de statique, la plus importante en général car il est difficile de trouver un emplacement unique pour les prises statiques qui donne une valeur juste dans toutes les phases de vol et selon le souffle de l'hélice. Cela devient carrément un casse-tête sur un hélicoptère...

*erreur « d'antenne » ou erreur du Pitot, quasiment nulle tant que le Mach, l'incidence et le dérapage restent faibles. Elle devient perceptible pour les avions qui ont un grand domaine de vol ou de grandes variations d'incidence et dérapage (voltige).

*erreur instrumentale de l'anémomètre lui-même, essentiellement fonction de la qualité de l'instrument.

2.5. GROUND SPEED (GS) = Vitesse sol

La ground speed (GS) est la TAS (Trueairspeed) corrigée de la vitesse du vent (V_w). Elle peut être affichée par le GPS ou le FMS ou peut être calculée à partir de la TAS lorsque la direction et la force du vent sont connues.

$$GS = TAS \pm \text{VENT}$$

2.6. Vitesse associées au décollage

V_1 = Vitesse de décision (Ou vitesse critique). = avant V_1 , le pilote peut interrompre le décollage, après V_1 , le pilote DOIT décoller.

V_r = Vitesse de rotation = vitesse à laquelle le pilote tire sur le manche pour lever le nez de l'avion et décoller.

V_2 = Vitesse de sécurité au décollage à atteindre en passant 35 ft au dessus du niveau de la piste.

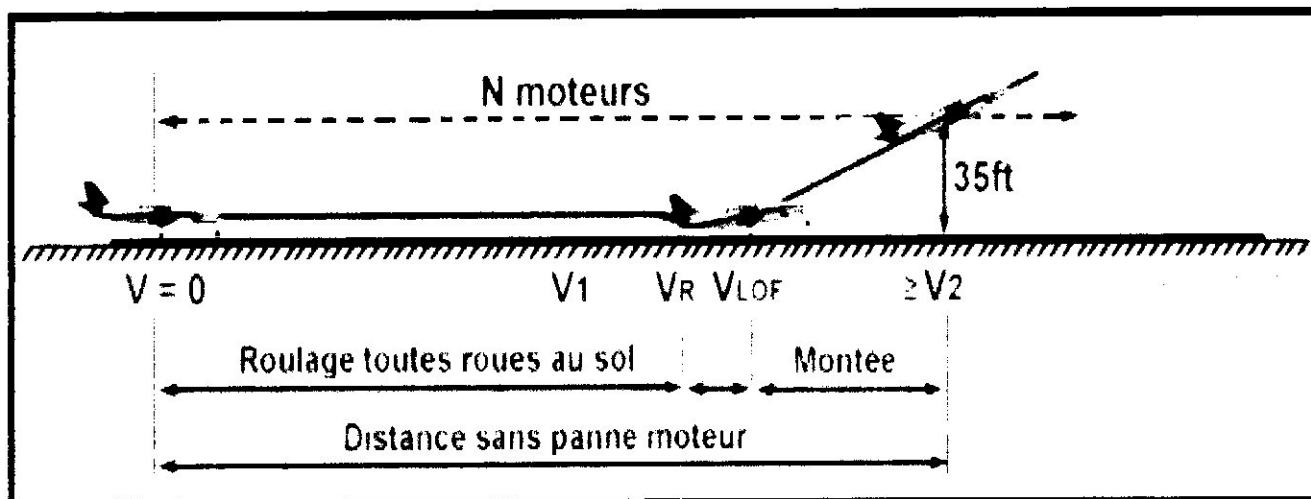


Figure1.5 : Les vitesses associées au décollage

2.7. Consommation spécifique de carburant

La consommation spécifique de carburant est la masse de carburant nécessaire pour fournir une puissance ou une poussée dans un temps donné. Elle s'exprime :

- en $\text{g}/(\text{kW}\cdot\text{h})$ - grammes de carburant par kilowatt de puissance et par heure, ou bien...
- en $\text{g}/(\text{kN}\cdot\text{s})$ - grammes de carburant par kilonewton et par seconde.

La consommation spécifique de carburant dépend de la conception des moteurs, les différences de consommation spécifique de carburant entre des moteurs utilisant la même technologie ont tendance à être assez faibles.

2.8. La distance franchissable maximale

La distance franchissable est la plus grande distance que l'on pourra parcourir avec le carburant à bord.

Facteurs influençant :

Ils existent des facteurs influençant la distance franchissable :

- le poids .
- le centrage (répartition du poids)
- la puissance .
- le vent .
- les volets .

3) le suivi des performances avions « APM »

3.1. Introduction

Le programme APM est utilisé pour la surveillance de la performance des aéronefs en vol de croisière avec la capacité de faire la distinction entre niveau de dégradation aérodynamique et moteur. La dégradation aérodynamique totale est entièrement attribuée aux changements de traînée. La méthode APM ne peut pas déterminer des paramètres physiques spécifiques qui ont entraîné des modifications de glissement. Ce n'est qu'avec une analyse ultérieure de l'avion, des inspections visuelles de la cellule et des surfaces de contrôle, des détails sur les dommages peuvent être définis.

3.2. Enjeux

Le suivi des performances des avions se fait par la mesure de la consommation réelle de carburant par un avion donné, le but est de pouvoir déterminer le carburant à embarquer pour un vol .

La réglementation impose , en plus du délestage prévu sur une étape , certaines réserves de carburants pour faire face à certaines situations .

Les calculs de carburant sont effectués à partir des données de consommation fournie par le constructeur de l'avion .

3.3. L'intérêt du Suivi des performances

Le principale intérêt du suivi des performances est l'économie de carburant , cette économie justifie à elle seule l'investissement nécessité par la mise en place du suivi , toutefois l'automatisation permettant d'augmenter le nombre de relevées par avion , les résultats qui n'étaient significatifs pour les avions anciens

3.4. Les paramètres affectant la dégradation

Le principal intérêt du suivi des performances est, comme il a été expliqué précédemment, de permettre une économie de carburant .

3.4.1. Dégradation des performances aérodynamiques de la cellule

Pour des conditions de vol données , la poussée est donc le N1, devrait avoir une certaine valeur théorique , la valeur réelle mesurée permet de détecter une dégradation , cette dégradation peut être imputée à différents facteurs :

- a) La cellule, qui traîne plus que prévu, si la différence est importante, une action de maintenance pourra dans ce cas être lancée
- b) La masse avion , une pesée de l'avion permettra de corriger éventuellement la masse de base de l'avion .

3.4.2. Dégradation des moteurs

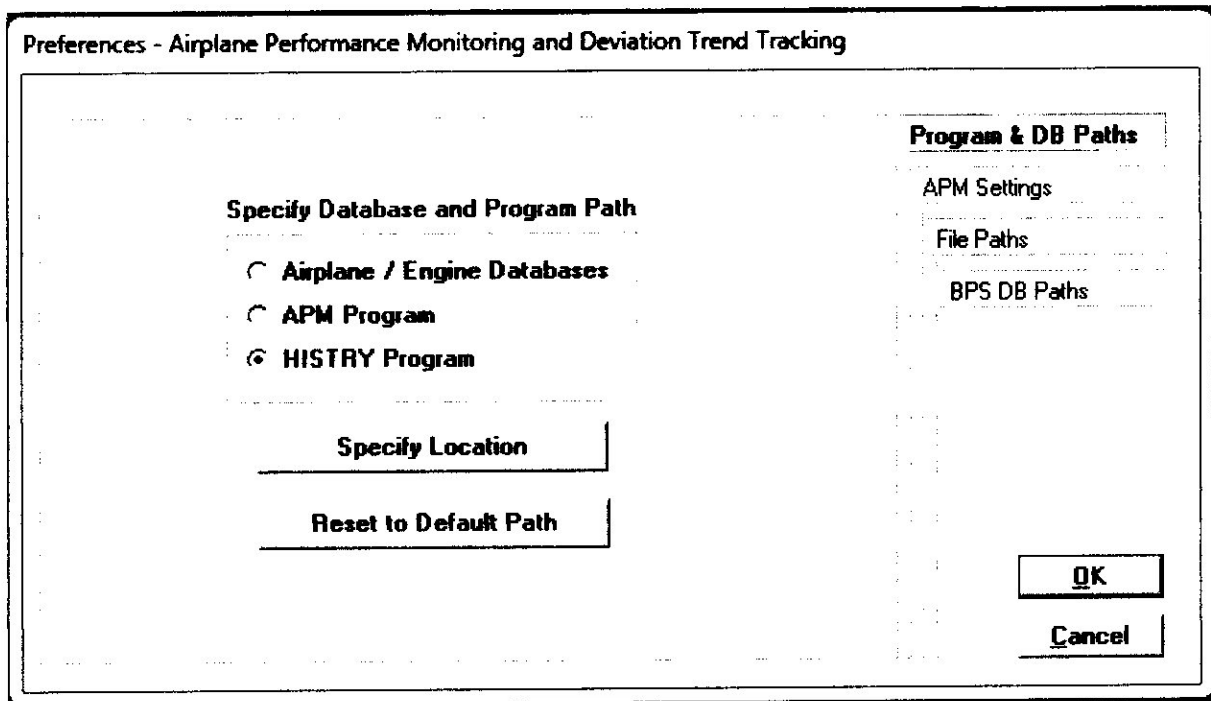
Pour des conditions extérieures données et une valeur de N1 mesurée, la comparaison de la consommation réelle à la consommation théorique permet de détecter une dégradation dans le fonctionnement du réacteur. Une action de maintenance peut alors être envisagée .

3.6. Les avantages du système de suivi des performances APM

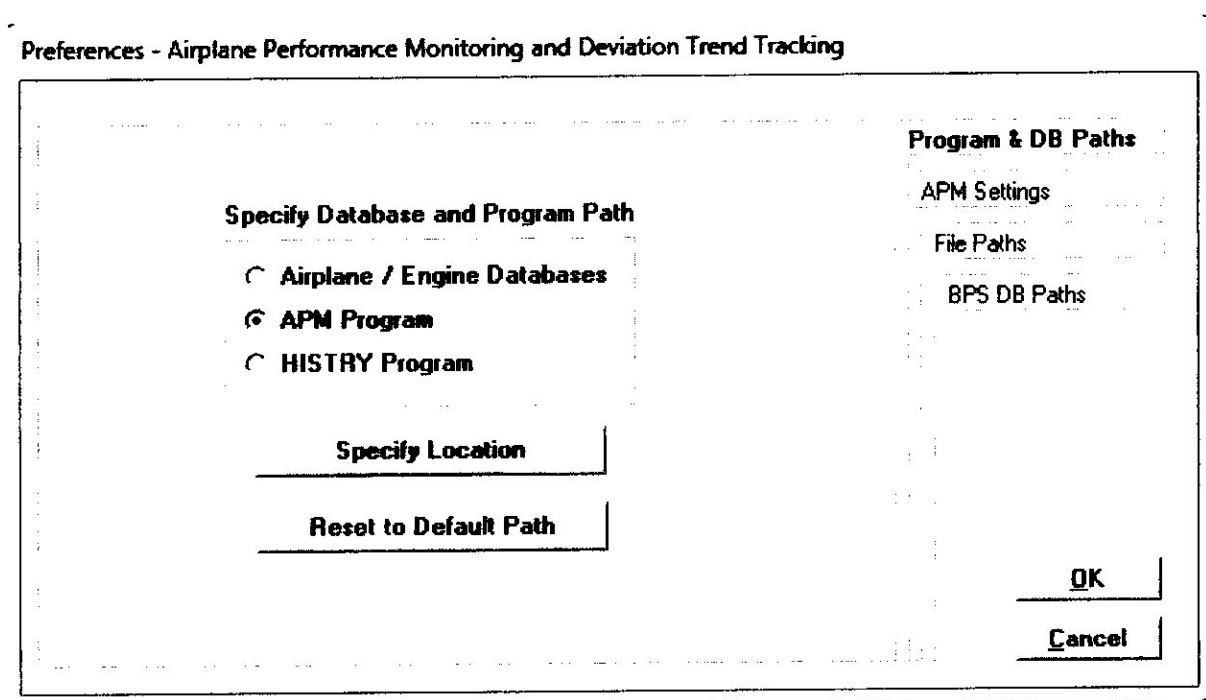
- Identifier la nécessité d'ajuster les niveaux de performance de base
 - Planification des vols et prévisions FMC.
 - Calcul de la performance manuelle des opérations.
- Établir le niveau de performance de référence pour chaque avion et Suivre les tendances à long terme.
- Identifier une détérioration normale pour une flotte d'avions.
- Identifier les avions problématiques (ainsi que les bons appareils).
 - Possibilité d'une action de maintenance requise.
 - Possibilité de restriction ou d'optimisation d'itinéraire.
- Valider la dégradation des performances pour minimiser le kilométrage du carburant.
Indemnité de détérioration des réserves de carburant critiques ETOPS Planification.
- Augmenter la confiance de l'équipage de conduite dans les plans de vol.
 - Le carburant à bord de l'atterrissage correspondra plus étroitement au plan de vol.

3.7.1-Configurer les préférences d'APM dans le programme BPS

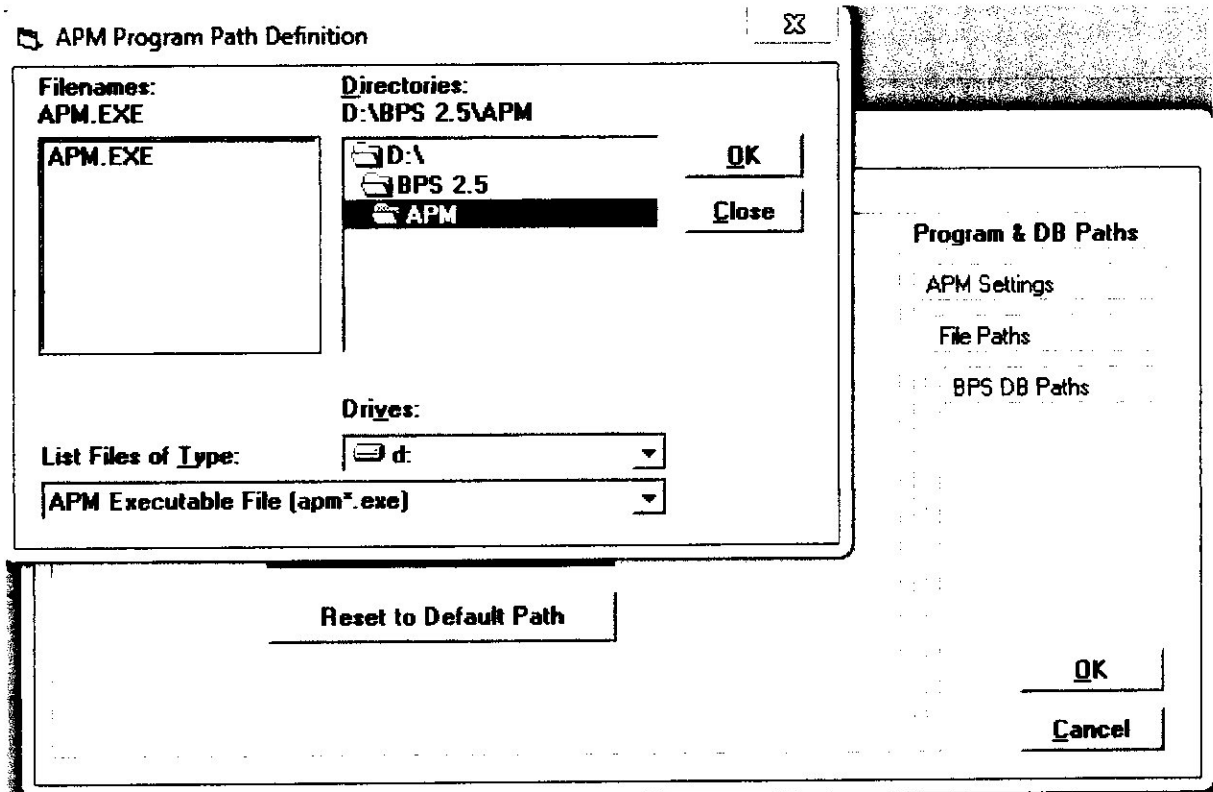
Pour configurer les préférences d' APM dans le programme bps on doit suivre les étapes suivantes :



Un clic sur le bouton Programme &DB Paths pour commencer la configuration



- On sélectionne le programme APM ensuite on clique sur « Specify location »



Après la sélection de la base de donnée APM on clique sur OK pour validée

L'option « APM settings »

Preferences - Airplane Performance Monitoring and Deviation Trend Tracking

<p>Input Gross Weight Units</p> <p><input checked="" type="radio"/> Pounds (LB)</p> <p><input type="radio"/> Kilograms (KG)</p>	<p>Output Gross Weight Units</p> <p><input type="radio"/> Pounds (LB)</p> <p><input checked="" type="radio"/> Kilograms (KG)</p>	<p>Program & DB Paths</p> <p>APM Settings</p> <p>File Paths</p> <p>BPS DB Paths</p>
<p>Input Temperature Units</p> <p><input type="radio"/> Fahrenheit (F)</p> <p><input checked="" type="radio"/> Celsius (C)</p>	<p>Output Temperature Units</p> <p><input type="radio"/> Fahrenheit (F)</p> <p><input checked="" type="radio"/> Celsius (C)</p>	
<p>Fuel Lower Heat Value</p> <p>Fuel LHV Adjustment <input type="text" value="NO"/></p> <p>Fuel LHV Y-Intercept <input type="text" value="22777"/></p> <p>Fuel LHV Slope <input type="text" value="-5220"/></p>	<p>Date Format</p> <p><input type="text" value="DD-MM-YY"/></p>	<p><input type="button" value="OK"/></p> <p><input type="button" value="Cancel"/></p>

Preferences - Airplane Performance Monitoring and Deviation Trend Tracking

<p>Input Gross Weight Units</p> <p><input checked="" type="radio"/> Pounds (LB)</p> <p><input type="radio"/> Kilograms (KG)</p>	<p>Output Gross Weight Units</p> <p><input type="radio"/> Pounds (LB)</p> <p><input checked="" type="radio"/> Kilograms (KG)</p>	<p>Program & DB Paths</p> <p>APM Settings</p> <p>File Paths</p> <p>BPS DB Paths</p>
<p>Input Temperature Units</p> <p><input type="radio"/> Fahrenheit (F)</p> <p><input checked="" type="radio"/> Celsius (C)</p>	<p>Output Temperature Units</p> <p><input type="radio"/> Fahrenheit (F)</p> <p><input checked="" type="radio"/> Celsius (C)</p>	
<p>Fuel Lower Heat Value</p> <p>Fuel LHV Adjustment <input type="text" value="NO"/></p> <p>Fuel LHV Y-Intercept <input type="text" value="22777"/></p> <p>Fuel LHV Slope <input type="text" value="-5220"/></p>	<p>Date Format</p> <p><input type="text" value="DD-MM-YY"/></p>	<p><input type="button" value="OK"/></p> <p><input type="button" value="Cancel"/></p>

L'option « File paths »

Preferences - Airplane Performance Monitoring and Deviation Trend Tracking

Specify File Location for:

- APM Input Cruise Data File
- APM Output & Error Files
- APM Output Debug File
- APM Output Spreadsheet File
- APM/HISTORY Master File
- HISTORY Output History File
- HISTORY Output Plot File

Specify File Location

Reset to Default Path

Program & DB Paths

APM Settings

File Paths

BPS DB Paths

OK

Cancel

Preferences - Airplane Performance Monitoring and Deviation Trend Tracking

Specify File Location for:

- APM Input Cruise Data File
- APM Output & Error Files
- APM Output Debug File
- APM Output Spreadsheet File
- APM/HISTORY Master File
- HISTORY Output History File
- HISTORY Output Plot File

Specify File Location

Reset to Default Path

Program & DB Paths

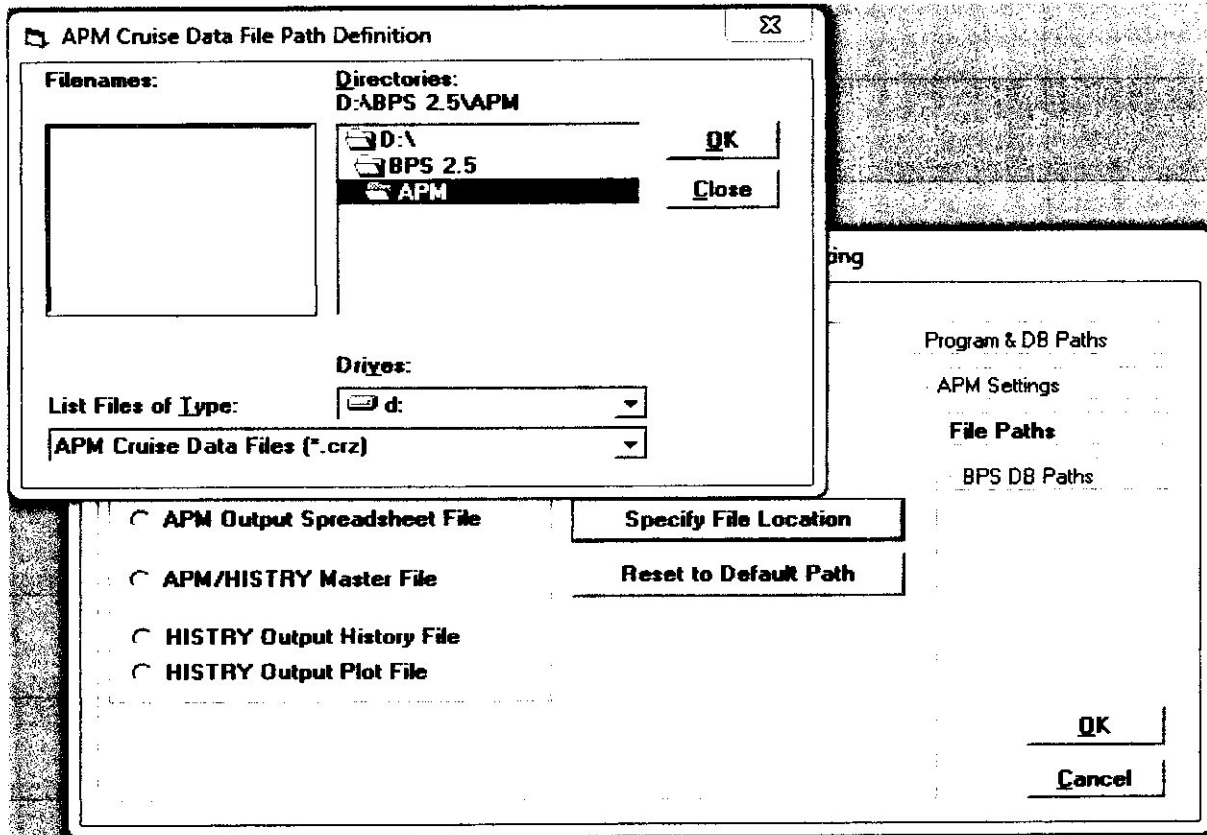
APM Settings

File Paths

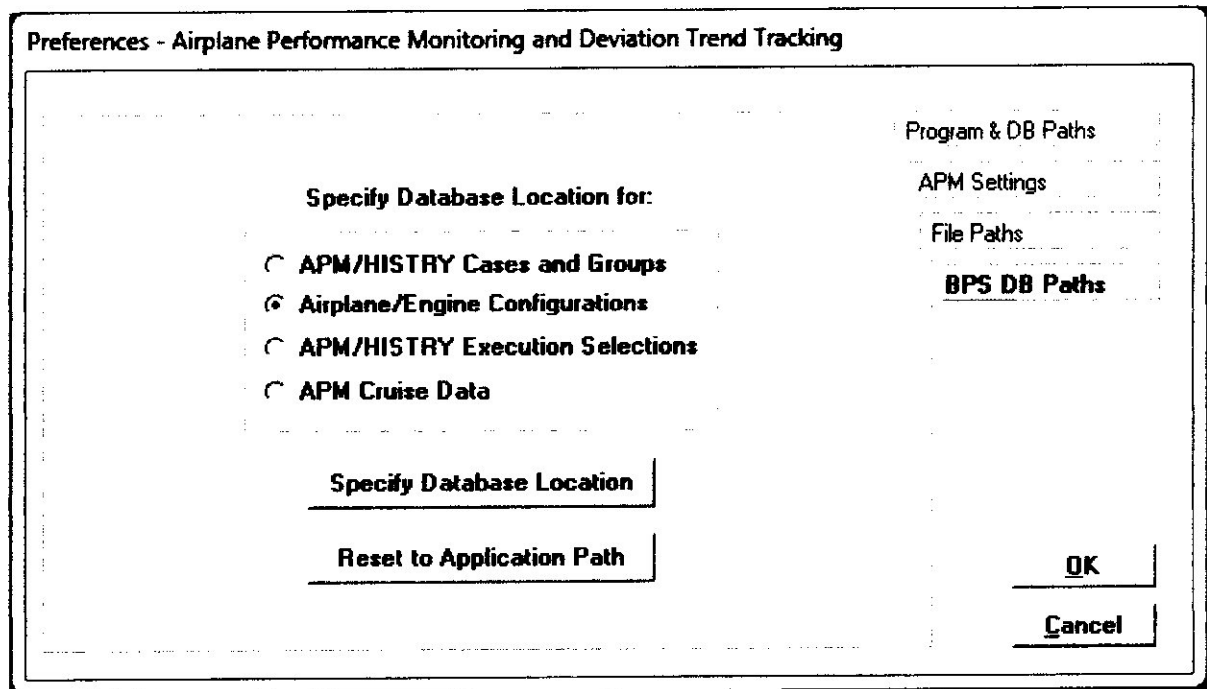
BPS DB Paths

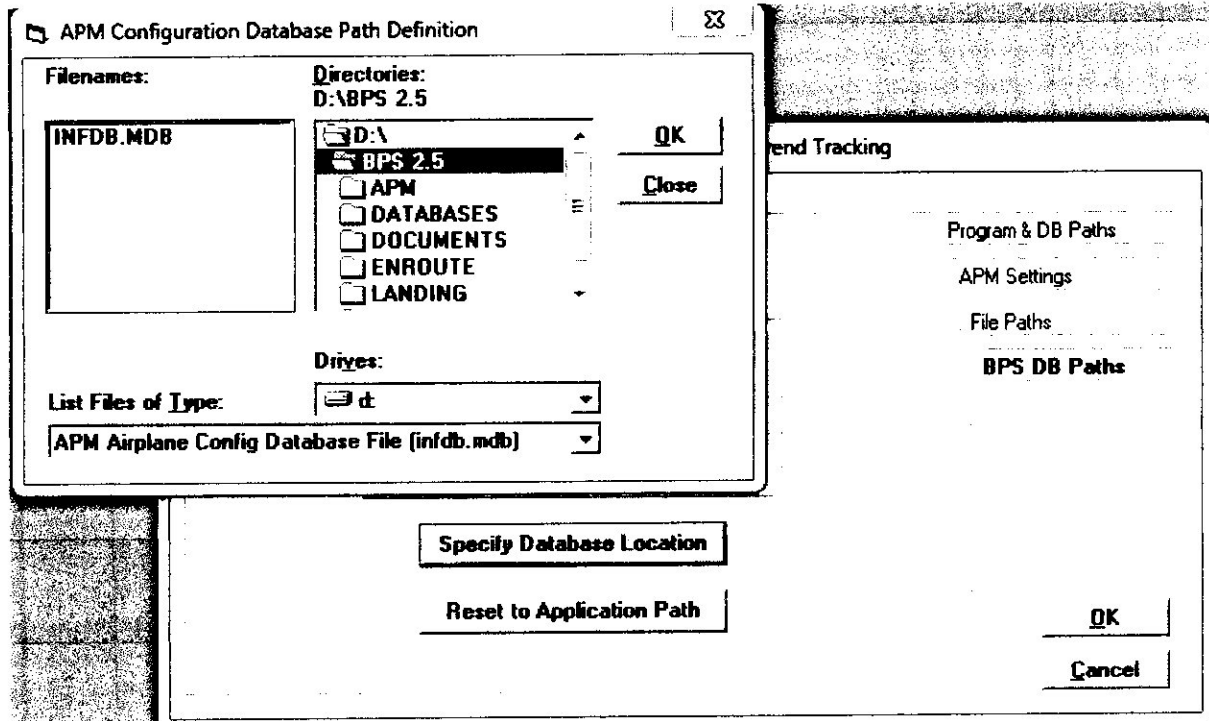
OK

Cancel

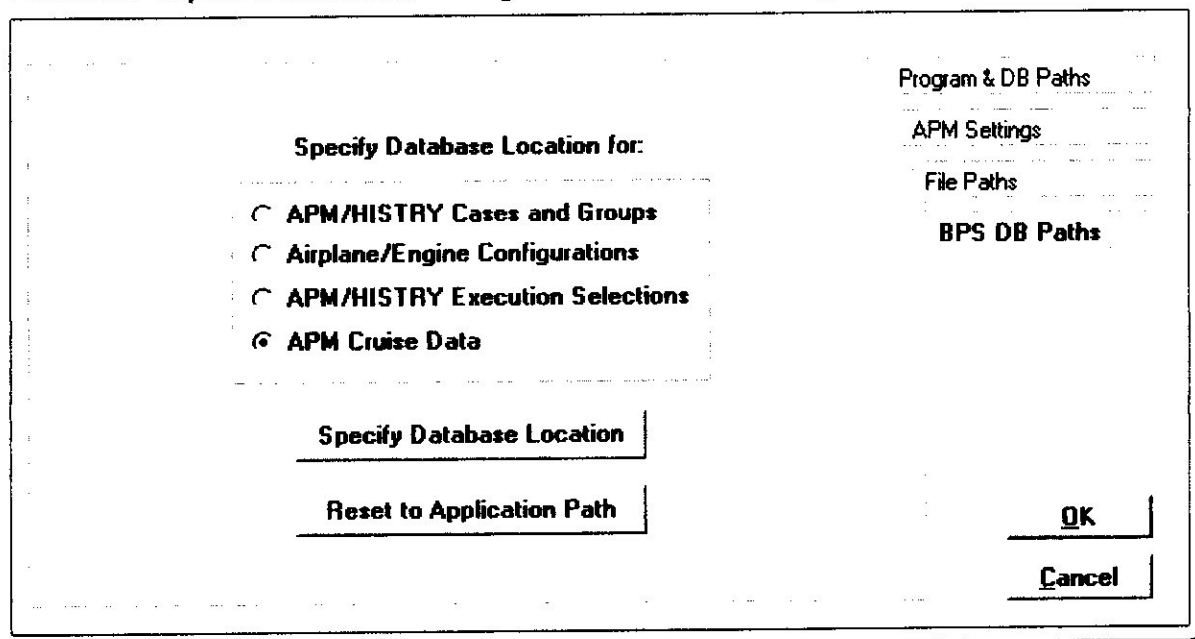


BPS DB PATHS





Preferences - Airplane Performance Monitoring and Deviation Trend Tracking



3.7.2. Base de données APM (Base de données en-route)

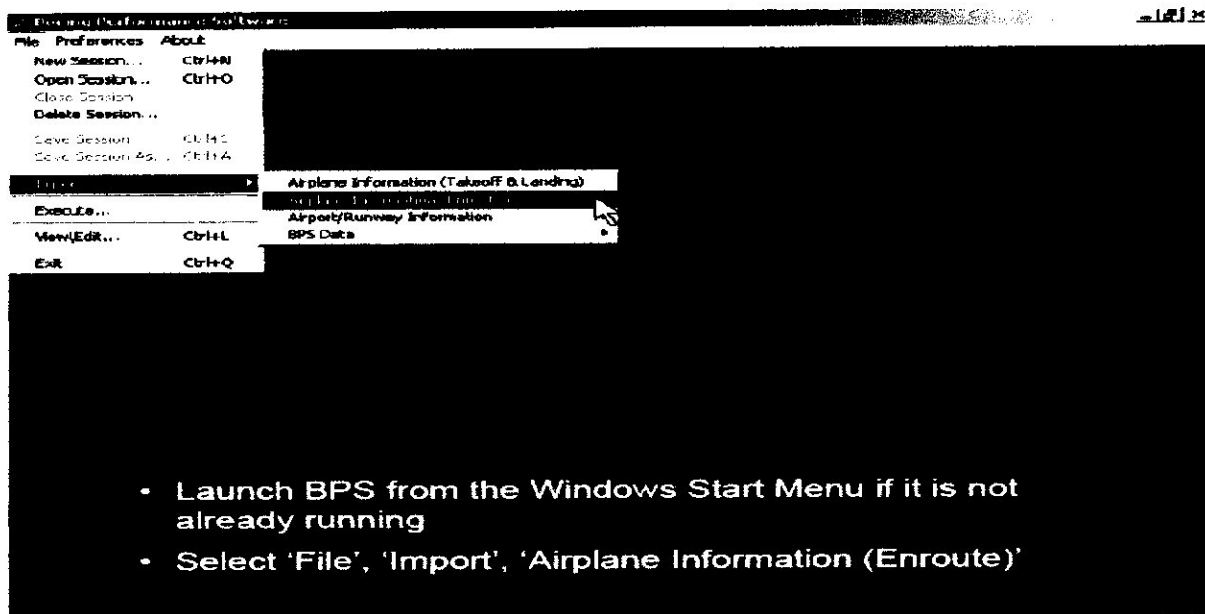
- Les bases de données sont utilisées pour les performances des avion et Les calculs de surveillance, sont exactement les mêmes
- Obtenir et copier ces bases de données sur le bon emplacement de votre ordinateur suit exactement le même emplacement sur votre ordinateur suit exactement la même chose
Procédures décrites précédemment pour En route Bases de données

3.7.3. Importation de bases de données en route :

- Après que toutes les bases de données en route ont été déplacées vers leurs Emplacements du répertoire approprié, elles doivent être "importées" dans BPS avant qu'ils ne soient reconnus comme disponibles
- Trois options sont disponibles pour l'importation en route Bases de données
 - Importation à partir du menu 'Fichier'
 - Importation à partir d'une session APM
 - Importation à partir d'une session en route

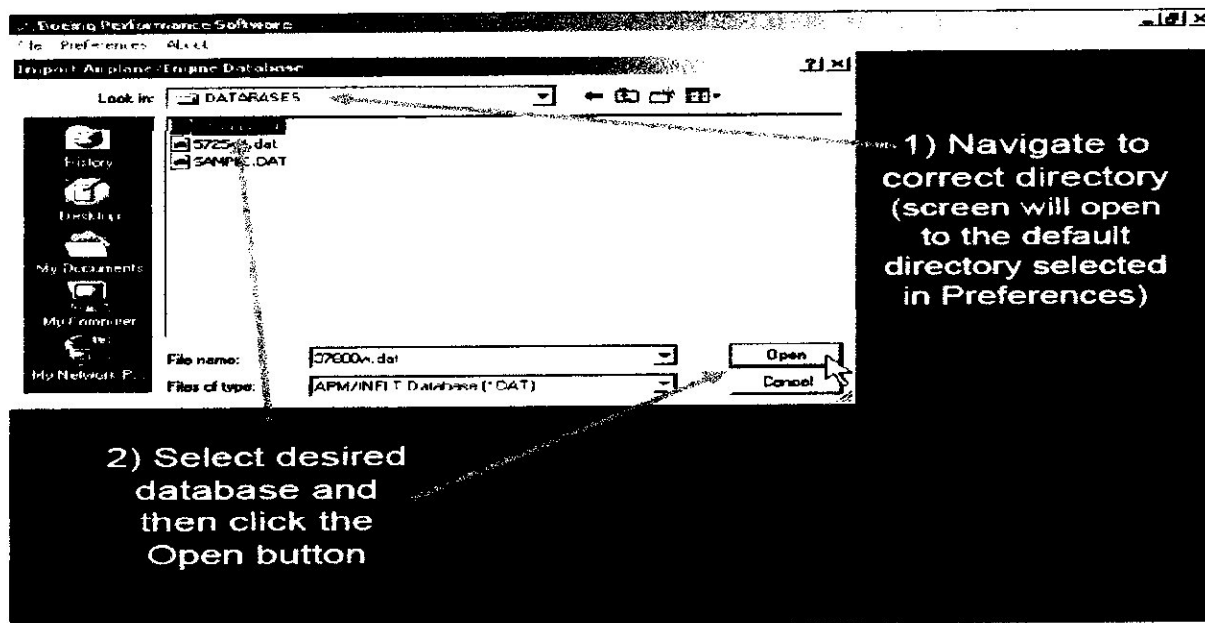
Importation de la base de donnée en route

Option 1 :



- Launch BPS from the Windows Start Menu if it is not already running
- Select 'File', 'Import', 'Airplane Information (Enroute)'

- Pour importer la base de donnée APM on clic sur le bouton import puis on sélectionne l'option airplane information(enroute)

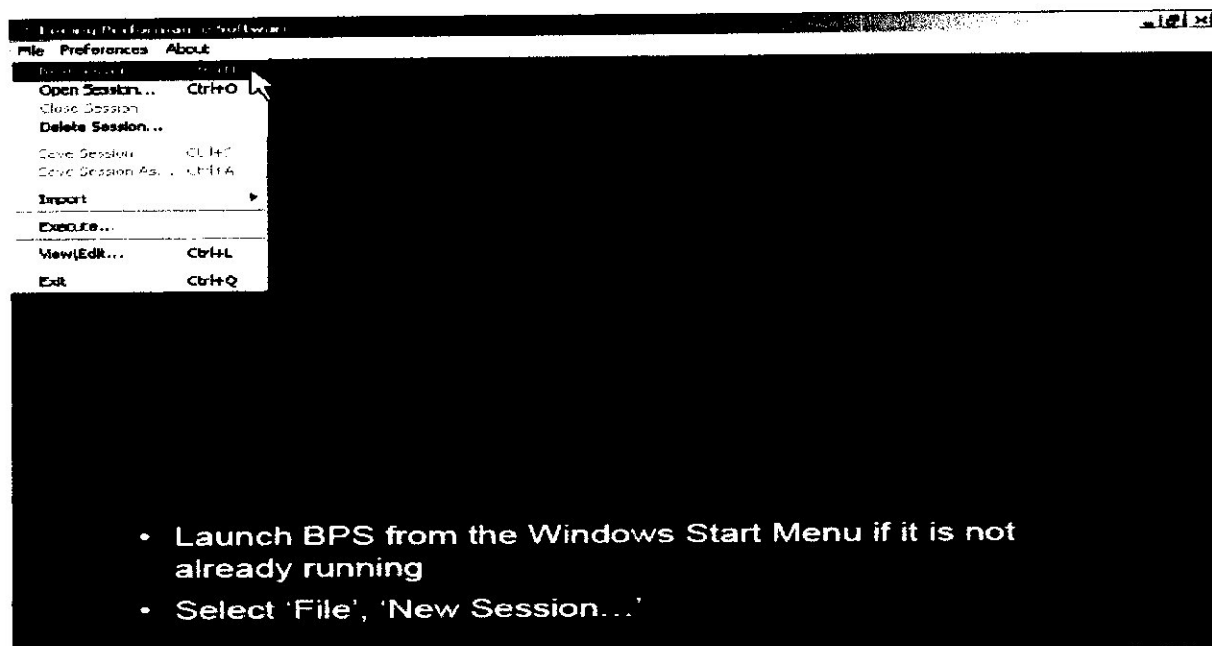


1) Navigate to correct directory (screen will open to the default directory selected in Preferences)

2) Select desired database and then click the Open button

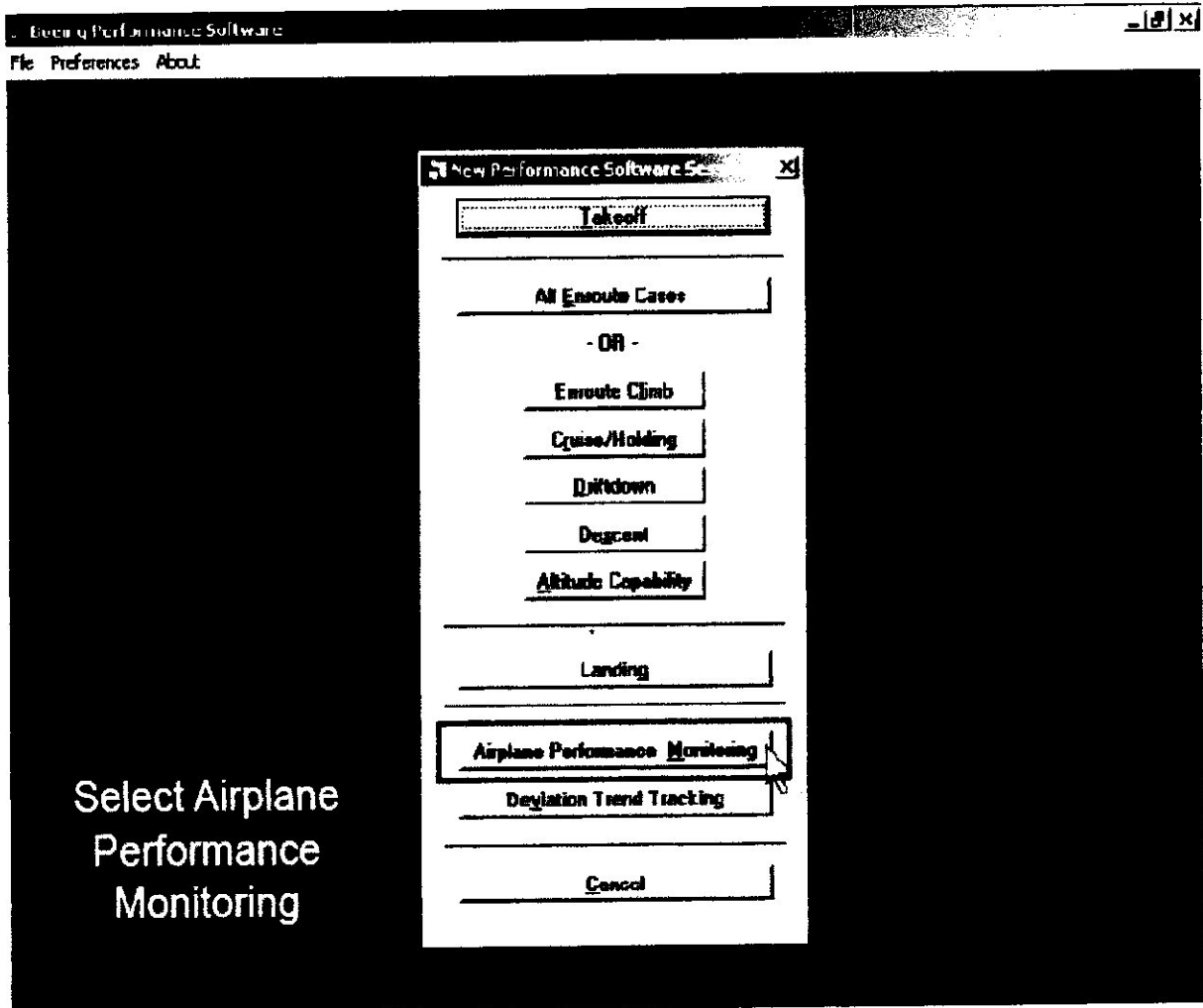
- Sélectionné le fichier voulu puis cliquer sur le bouton (OPEN)

Option 2 : Importation à partir d'une session APM



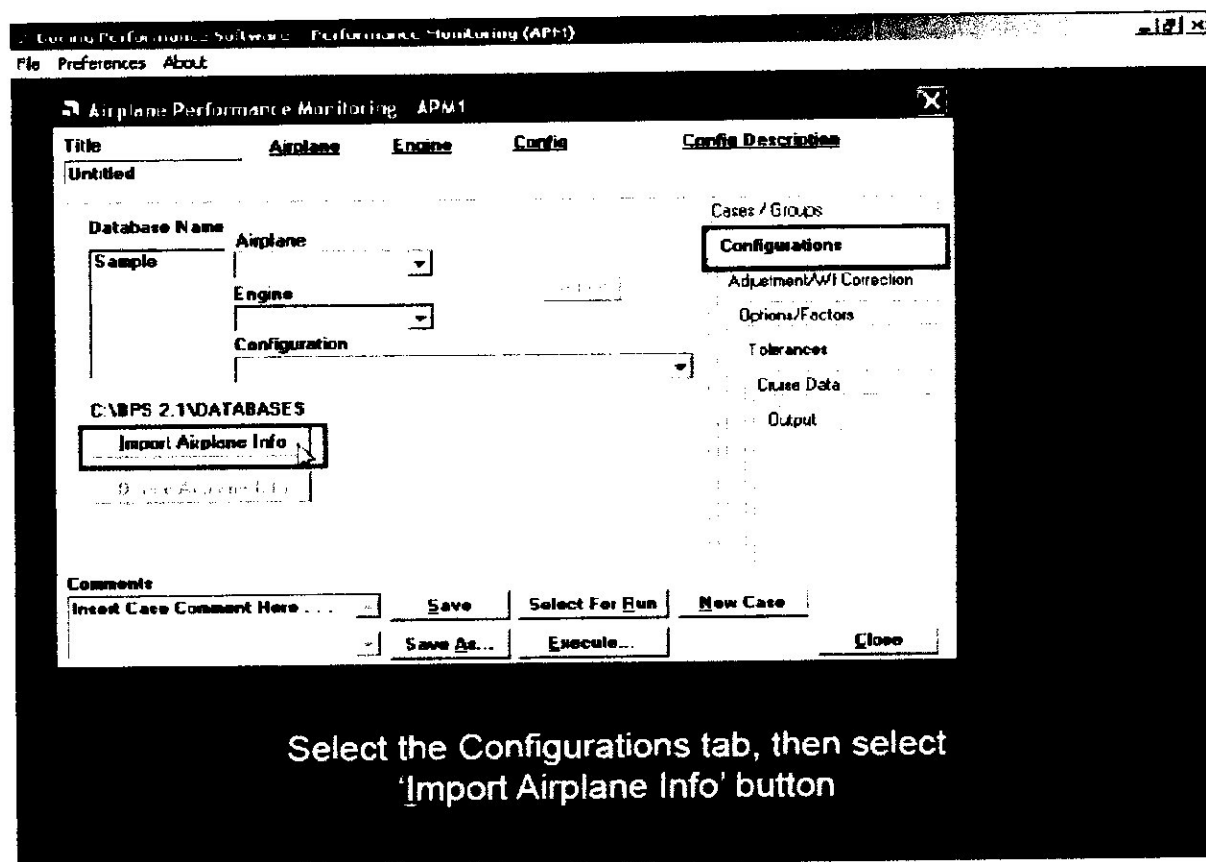
- Après l'ouverture du logiciel BPS et une nouvelle session

(clic sur « NEW SESSION »)



Select Airplane
Performance
Monitoring

- Nous Cliquons ensuite sur le bouton airplane performance monitoring « APM » la fenêtre du programme APM s' ouvre



- Nous cliquons sur le bouton import pour configurer la base de donnée voulu

3.8. Conclusion

Le suivi des performance avion se fait à base d'un logiciel développé par Boeing (BPS), notamment le module APM qui se compose de plusieurs bases de données est qui a pour objectif la détermination des coefficients de dégradation et la tendance de la dégradation .

Un suivi efficace des tendances des croisières aide à minimiser les risques associés aux pannes inattendues du moteur et éviter une dégradation excessive des performances du moteur .

Le programme APM est utilisé pour la surveillance de la performance des aéronefs en vol de croisière avec la capacité de faire la distinction entre niveau de dégradation aérodynamique et moteur.

4) Les Mesures pratiquées et le suivi des coefficients de dégradation

4.1. Introduction

Le but de ce chapitre est de déterminer les méthodes utilisées pour l'enregistrement des paramètres, l'analyse et le calcul des performances.

4.2. Options d'enregistrement des données de croisière

- 1• Enregistrement manuel des données à bord
- 2• Enregistrement automatisé des données à bord

4.2.1) Enregistrement manuel des données à bord

Les données sont enregistrées par l'équipage de conduite ou un observateur dûment formé

•Avantages

- Aucun achat matériel / logiciel ACMS requis
- Peut parfois avoir un plus grand contrôle sur le moment exact de l'enregistrement des données ainsi le nombre de ces points enregistrés sur un vol donné

• Désavantages

- Nécessite une formation des personnes qui effectuent l'enregistrement.
- Charge de travail supplémentaire de l'équipage
- Moins de données et moins de paramètres enregistrés
- Grande probabilité d'enregistrer des données instables avec une précision inférieure
- Nécessite l'entrée manuelle des données dans un fichier électronique

Journal de performance typique pour
Enregistrer manuellement les données de croisière

737/757/767
Performance Log

Header

Model	Airline	Aircraft	Flight	DD MM YY	Flight Leg
-------	---------	----------	--------	----------	------------

Optional

TOW	ZFW	Init CG	Engine Serial Numbers	APU Time
-----	-----	---------	-----------------------	----------

Initial Fuel Tank Quantities

Center	Main 1	Main 2	Aux
--------	--------	--------	-----

Monitor

	E n g i n e	P o w e r	S e t t i n g	F u e l	F l o w	F u e l		G e n	L o a d	T r u e	T r a c k	D r i t	A n g l e	F O C A S	I n c
						C e n t e r	M a i n								
1	CAS	1				Center	Main 1			True High	True Track	Drift Angle	FOCAS	Inc	
	TAT	2				Main 2				Cross Wt	Fuel Temp	Fuel On	LOW		
	Altitude	3								Latitude	OS	FO Altitude			
	Mach	4					Aux			Speed	Height	FO Mach			
2	CAS	1				Center	Main 1			True High	True Track	Drift Angle	FOCAS	Inc	
	TAT	2				Main 2				Cross Wt	Fuel Temp	Fuel On	LOW		
	Altitude	3								Latitude	OS	FO Altitude			
	Mach	4					Aux			Speed	Height	FO Mach			
3	CAS	1				Center	Main 1			True High	True Track	Drift Angle	FOCAS	Inc	
	TAT	2				Main 2				Cross Wt	Fuel Temp	Fuel On	LOW		
	Altitude	3								Latitude	OS	FO Altitude			
	Mach	4					Aux			Speed	Height	FO Mach			
4	CAS	1				Center	Main 1			True High	True Track	Drift Angle	FOCAS	Inc	
	TAT	2				Main 2				Cross Wt	Fuel Temp	Fuel On	LOW		
	Altitude	3								Latitude	OS	FO Altitude			
	Mach	4					Aux			Speed	Height	FO Mach			
5	CAS	1				Center	Main 1			True High	True Track	Drift Angle	FOCAS	Inc	
	TAT	2				Main 2				Cross Wt	Fuel Temp	Fuel On	LOW		
	Altitude	3								Latitude	OS	FO Altitude			

= paramètres minimaux absolus qui doivent être enregistrés

Figure 1.7 : journal de performance typique

Les annexes de la documentation du logiciel APM incluent des journaux d'enregistrement typiques pour différents modèles Boeing

Paramètres :

- Numéro de l'avion
- Date
- Mach (CAS ou IAS peut également être utilisé)
- Altitude
- Total Air Température (TAT)
- Poids brut
- Réglage de puissance par moteur (N1 ou EPR)
- Débit de carburant par moteur

4.2.2 Procédures d'enregistrement manuel

Pour faire l'enregistrement des données manuellement à bord, l'équipage doit suivre certaines procédures bien déterminées :

- Enregistrer l'avion et la date
- Attendre jusqu'à ce que l'avion soit stabilisé en croisière
- Enregistrer rapidement le Mach, les paramètres de puissance, le flux de carburant, l'air total, température, altitude, poids brut FMC

4.2.1. Enregistrement automatisé de données à bord

Les données sont enregistrées automatiquement via l'avion à l'aide du Système de surveillance des conditions (ACMS) .

• **Avantages**

- Pas d'impact sur la charge de travail de l'équipage .
- Assure / Mesure la stabilité de l'état .
- Une recherche continue des données de meilleure qualité .
- Des quantités plus importantes de données peuvent être collectées .

• **Désavantages**

- Nécessite l'achat de matériels et de logiciels ACMS (sauf 777 et 787)
- Peut nécessiter un post-traitement à convertir en format utilisable par BPS

Remarque

À la demande de la compagnie aérienne, le fournisseur ACMS intègre la génération automatisée de rapports APM .

Capacité pour tous les modèles Boeing sauf 777 et 787

(L'ACMS fournit avec Boeing est standard sur les 777 et 787)

4.2.4. Le rôle de l'ACMS dans l'enregistrement automatisé des données à bord

.ACMS surveillera en permanence les systèmes d'avion nécessaires pour déterminer si des conditions de croisière stables, existent .

- Si le système détermine les critères de stabilité rencontrés pour un certain temps (la norme est de 180 secondes) tous les paramètres demandés seront enregistrés par ce dernier .
- Les données enregistrées sont stockées à bord de l'avion pour un téléchargement futur et le système continue de surveiller la prochaine condition de croisière stable .
- La fréquence à laquelle le système enregistre les données, est déterminée par la compagnie aérienne et de son fournisseur d'ACMS .

4.2.5. Collecte des données post-vol par Interrogation du périphérique d'enregistrement embarqué

L'outil logiciel devrait être développé par la compagnie aérienne afin d'effectuer des recherches post-vol pour des délais stables, par l'interrogation d'un périphérique tel que FDR ou QAR .

(Un tel outil "interrogation" n'est actuellement pas disponible chez Boeing)

Les valeurs des paramètres requis seraient calculées en moyenne sur les segments de temps stables sélectionnés.

Mise en forme des données finales dans le format DSIRF pour l'analyse par BPS.

4.3. Entrée des données de croisière enregistrées dans le logiciel « BPS »

Les Formats de données de croisière reconnus par BPS :

Digital Standard Input Record Format
(**DSIRF**)

Manuel Standard Input Record Format
(**MSIRF**)

Exemple DSIRF

APM 000G-AC01	010195133625, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,838,839,334,334,
APM 000G-AC02	010195174120, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,859,859,281,281,
APM 000G-AC02	020195041849, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,848,849,277,278,
APM 000G-AC01	020195030956, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,845,846,303,303,
APM 000G-AC02	020195134700, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,849,850,291,291,
APM 000G-AC01	020195214955, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,859,860,269,269,
APM 000G-AC01	030195053938, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,860,860,269,269,
APM 000G-AC02	030195043441, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,838,838,299,300,
APM 000G-AC01	030195135301, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,849,849,291,291,
APM 000G-AC02	030195193613, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,846,846,289,289,
APM 000G-AC01	040195035247, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,846,846,303,303,
APM 000G-AC01	040195214107, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,859,860,269,269,
APM 000G-AC02	040195125354, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,859,859,308,308,
APM 000G-AC01	050195052853, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,855,855,267,267,
APM 000G-AC01	050195170237, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,852,852,292,292,
APM 000G-AC01	060195041410, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,850,850,304,304,
APM 000G-AC01	060195103714, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,852,852,266,266,
APM 000G-AC02	060195075636, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,847,848,290,290,
APM 000G-AC01	060195154434, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,861,861,322,323,
APM 000G-AC02	070195082425, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,863,864,283,283,
APM 000G-AC01	070195131034, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,859,858,281,281,
APM 000G-AC02	070195181656, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,861,862,295,295,
APM 000G-AC02	070195181708, -003	Sample ACMS Data,AlliedSignal ACMS/DMU B747-400,861,862,295,295,

Figure1.8 : Exemple d'un fichier DSIRF

Caracteristiques du fichier DSIRF

- Fichier délimité par des virgules.
- La plupart des fichiers sont d'environ 180 champs par point de données (ligne).
- Le logiciel APM ne lit que dans les 120 premiers champs.

Exemple MSIRF

```

737-400                AC001                150397
 275. 1085.8  1322                275.
-22. 2085.8  1322                60000.
31000                31000
.745                .745
 252. 1087.3  1209                252.
-30. 2087.3  1209                56000.
35000                35000
.745                .745
AVERAGE
737-400                AC002                170397
 275. 1084.6  1258                275.
-22. 2084.6  1258                56000.
31000                31000
.745                .745
 251. 1083.2  1035                251.
-30. 2083.2  1035                46000.
35000                35000
.745                .745
AVERAGE
FLEET
END

```

Figure 1.9 : exemple d'un fichier MSIRF

Format de champ fixe: description des champs pour chaque modèle d'avion ,sont situés dans les annexes du manuel d'utilisation de l'APM.

4.3.1) Conversion des données enregistrées en Format DSIRF ou MSIRF

* Les données enregistrées automatiquement doivent être converties au format DSIRF avant l'analyse par BPS.

- Logiciel de conversion terrestre est obtenu par le fournisseur ACMS ou créé par une compagnie aérienne.

- Le logiciel ACMS peut être conçu pour fournir des données dans DSIRF format (tel que 777)

* Les données enregistrées manuellement doivent être saisies manuellement (dactylographiées) soit en format MSIRF, ou DSIRF.

-Le format MSIRF est utilisé si les données sont saisies manuellement dans un fichier d'entrée sans utiliser l'interface BPS .

4.3.2 Entrée manuel des données de croisière dans BPS

• Les Données de performance de croisière enregistrées manuellement. ils peuvent être introduits manuellement en utilisant les paramètres du BPS « écrans de saisie ».

• Les données d'entrée manuelle seront converties en fichier formaté DSIRF par BPS

• Les trois diapositives suivantes contiennent quatre points de données enregistrées pour un 747-400 enregistré sur les journaux d'enregistrement typiques

• Les diapositives qui suivent ces journaux d'enregistrement illustrer comment saisir ceci enregistré manuellement données dans BPS

4.4) Utilisation et interprétation des résultats APM

4.4.1) Utilisation des résultats APM

Les résultats de suivi des performances avions sont utilisés dans le but :

- la détermination des facteurs de débit de carburant appropriés.
- L'ajustement du facteur performance (RS) pour :
 - plan de vol technique (JETPLAN).
 - Les prédictions FMS.
- La comparaison des avions de la même flotte :
 - Déterminer une détérioration normale.
 - Identifier les meilleurs et les pires avions.
 - Optimiser l'adéquation des avions avec les itinéraires.
- Le contrôle des conditions périodiques de l'avion afin d'analyser la tendance d'un avion donné ou de la flotte ,et actionner les corrections :
 - Au niveau de maintenance
 - Au restrictions de routes

$$\Delta FF\% = \left\{ \frac{1}{\left(\frac{\Delta FM\%}{100} + 1 \right) \left(\frac{\Delta Thrust Req'd\%}{100} + 1 \right)} - 1 \right\} * 100$$

Détermination des facteurs de flux de carburant

Intervalle de changement = mensuel

$$\% \Delta FM = \left[\frac{FM_{\text{observed}} - FM_{\text{database}}}{FM_{\text{database}}} \right] * 100 \quad (+ = \text{good})$$

$$\% \Delta FN_{\text{Req'd}} = \left[\frac{FN_{\text{observed}} - FN_{\text{database}}}{FN_{\text{database}}} \right] * 100 \quad (+ = \text{bad})$$

$$\% \Delta FF = \left[\frac{FF_{\text{observed}} - FF_{\text{database}}}{FF_{\text{database}}} \right] * 100 \quad (+ = \text{bad})$$

$$\Delta \%N1_{\text{Req'd}} = \%N1_{\text{observed}} - \%N1_{\text{database}} \quad (+ = \text{bad})$$

Figure 1.10 : détermination de la déviation des performances

4.4.3. Identification des exigences d'entretien possibles

-La surveillance continue des performances, peut aider à identifier le besoin pour les éventuelles actions de maintenances correctives .L'identification des exigences d'entretien sont possibles

Des avions difficiles peuvent nécessiter une attention particulière:

- Vérifier l'exactitude du poids de l'avion.
- Vérifier l'étalonnage de l'instrumentation (en particulier Mach).
- Vérifier la fuite d'étanchéité aérodynamique.
- Grillage de la surface de contrôle.
- Vérifier la fuite du système pneumatique.
- Vérifier l'avion et l'environnement d'exploitation de l'avion .
- Sélectionner un équipage de conduite spécialisé ou un observateur pour l'enregistrement des données.

4.5. Quantité nécessaire des données en croisière.

- La quantité des données requises est directement proportionnelle à la qualité des données enregistrées.

Paramètres affectent l'enregistrement des données :

- La qualité des données enregistrées manuellement dépend de l'enregistrement des personnes.
- Les données sont enregistrées pendant les vols de revenus normaux avec un contrôle limité selon les conditions de vol .
- Haute probabilité de conditions hors-nominales.
- Précision inférieure de l'instrumentation de production par rapport au test en vol. • 20 à 25 points de données sont généralement considérés comme un minimum pour déterminer un niveau moyen valable

Remarque :

Les moyennes, résultant de grands échantillons de données, auront plus d'Incertitudes, que celles résultant de petits échantillons de données.

Exemple :

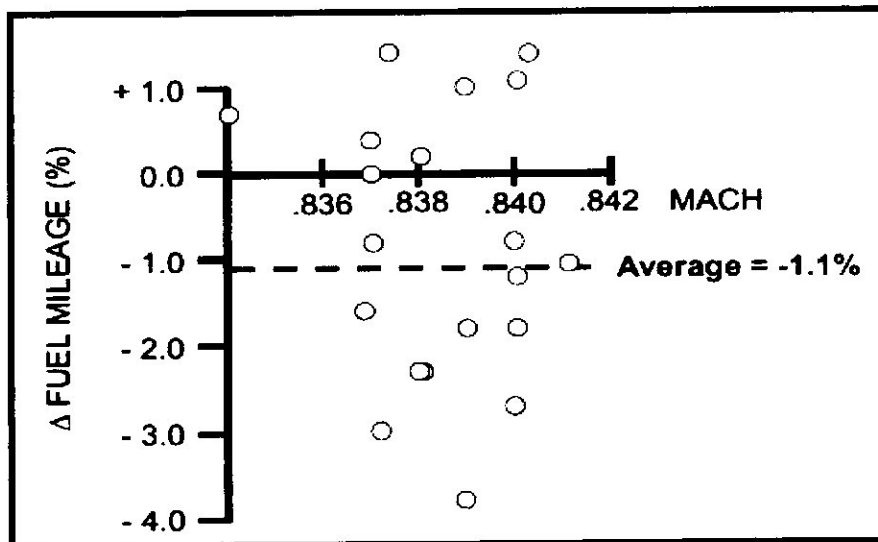


Figure 1.11 : Exemple sur des points de données de qualité inférieur

-Les points de données de qualité inférieur augmentent la quantité de données

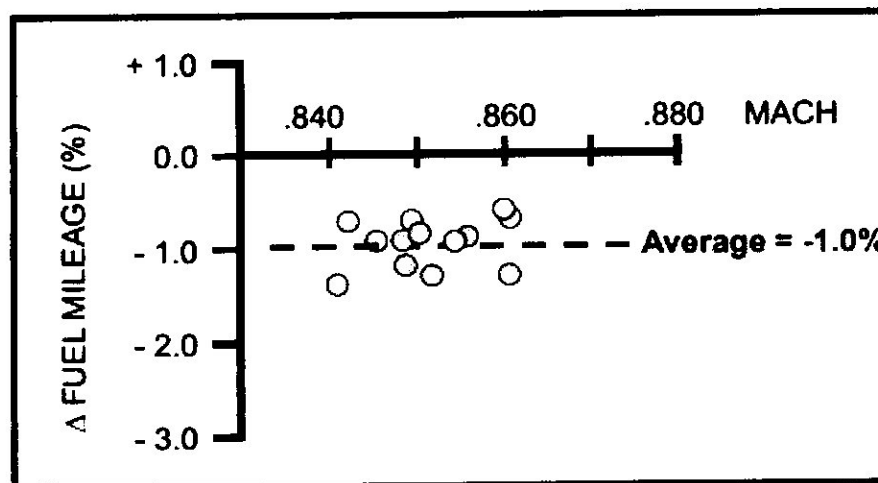


Figure 1.12 : Exemple sur des points de données de qualité supérieur

-Des points de données de qualité supérieure diminuent la quantité de données

4.7. Conclusion

Dans ce chapitre, nous avons exposé les différentes méthodes d'enregistrement des données à bord et la collecte des données poste-vol qui nous permet d'obtenir des résultats afin de lancer la procédure d'analyse et du suivi des performances pour chaque avion. Par la suite, nous avons abordé l'étape de l'utilisation et l'interprétation des résultats APM en identifiant les exigences d'entretien nécessaires, appropriées pour chaque avion.

Chapitre 05 : Analyse et résultats

5.1. Introduction

Dans ce chapitre nous allons faire l'analyse des résultats obtenus par le programme APM pour chaque avion de la flotte pendant ces trois dernières années (2015,2016,2017) , ensuite on va interpréter les résultats de toute la flotte B737-800 de la compagnie aérienne Tassili Airlines sur un intervalle des huit premiers mois de l'année 2017 .

5.2. L'analyse des résultats de l'APM

Les quatre tableaux ci-dessous (.....) regroupent les calculs des coefficients de dégradation qu'on a obtenus en utilisant le programme APM pour les 4 aéronefs de Tassili Airlines immatriculés .

(7T-VCA . 7T-VCB. 7T-VCC . 7T-VCD)

L'utilisation de Microsoft Excel nous a permis de représenter , pour chaque aéronef , la variation des coefficients de dégradation durant les 3 années (2015 ,2016 et 2017) .

5.3. Méthode d'analyse des graphes .

L'opérateur du service technique de Tassili Airlines compare le fuel flow calculé par le programme APM avec le graphe fuel mileage (fourni par le constructeur) par rapport à la mise en entrée en service .

FF (fuel flow) Factor = -FM%

Pour l'analyse des résultats

- Si le FF est supérieure à zéro = il n'y a pas une dégradation
- Si le FF est inférieure à zéro = il y a une dégradation

1) L'avion 7T-VCA

Le tableau ci-dessous contient les valeurs des coefficients de dégradation pour l'aéronef 7T-VCA pour les années 2015,2016 et 2017 :

années/vca	%N1	%THRST	% FF	% FM
2015	1.22	4	0.4	-4.8
2016	1.28	4.9	-3.1	4.9
2017	1.32	5.1	-2.6	10.3

Tableau1.8 : les coefficients de dégradation du 7T-VCA

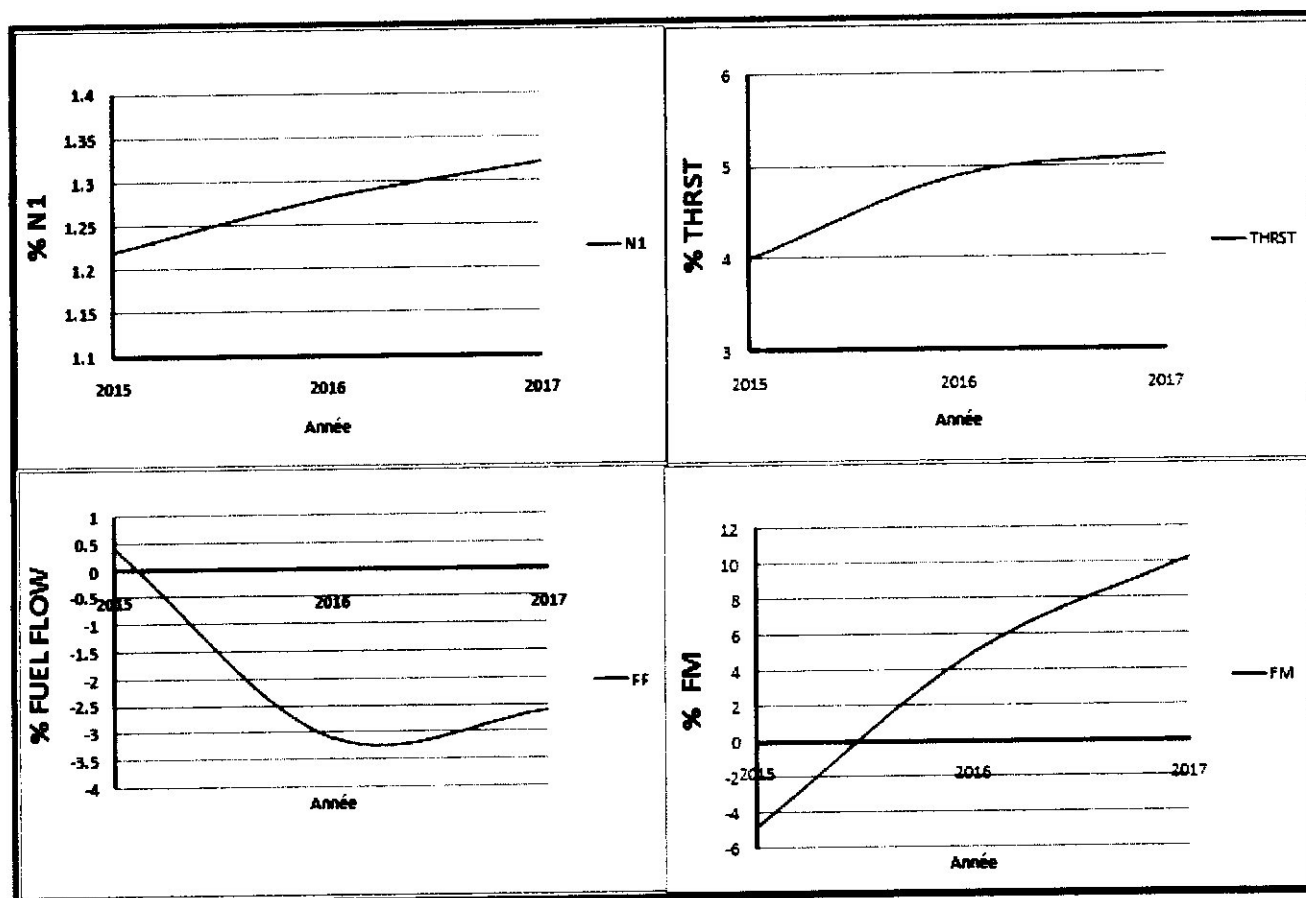


Figure 1.13 : La variation des coefficients de dégradation du 7T-VCA

Analyse des résultats de l'avion 7T-VCA :

Concernant l'avion 7T-VCA nous constatons ce qui suit :

Pour le %N1 ,une dégradation très faible au cours des trois dernières années .

Mais une amélioration des paramètres %FF (fuel flow) et % FM (fuel mileage) .

2) L'avion 7T-VCB :

Le tableau ci-dessous contient les valeurs des coefficients de dégradation pour l'aéronef 7T-VCB pour les années 2015,2016 et 2017 :

années/vcb	%N1	%THRST	%FF	%FM
2015	1.22	5.1	0.6	-5.3
2016	1.28	4.9	0.5	-4.9
2017	1.32	4	0.4	-4.8

Tableau1.9 : les coefficients de dégradation du 7T-VCB

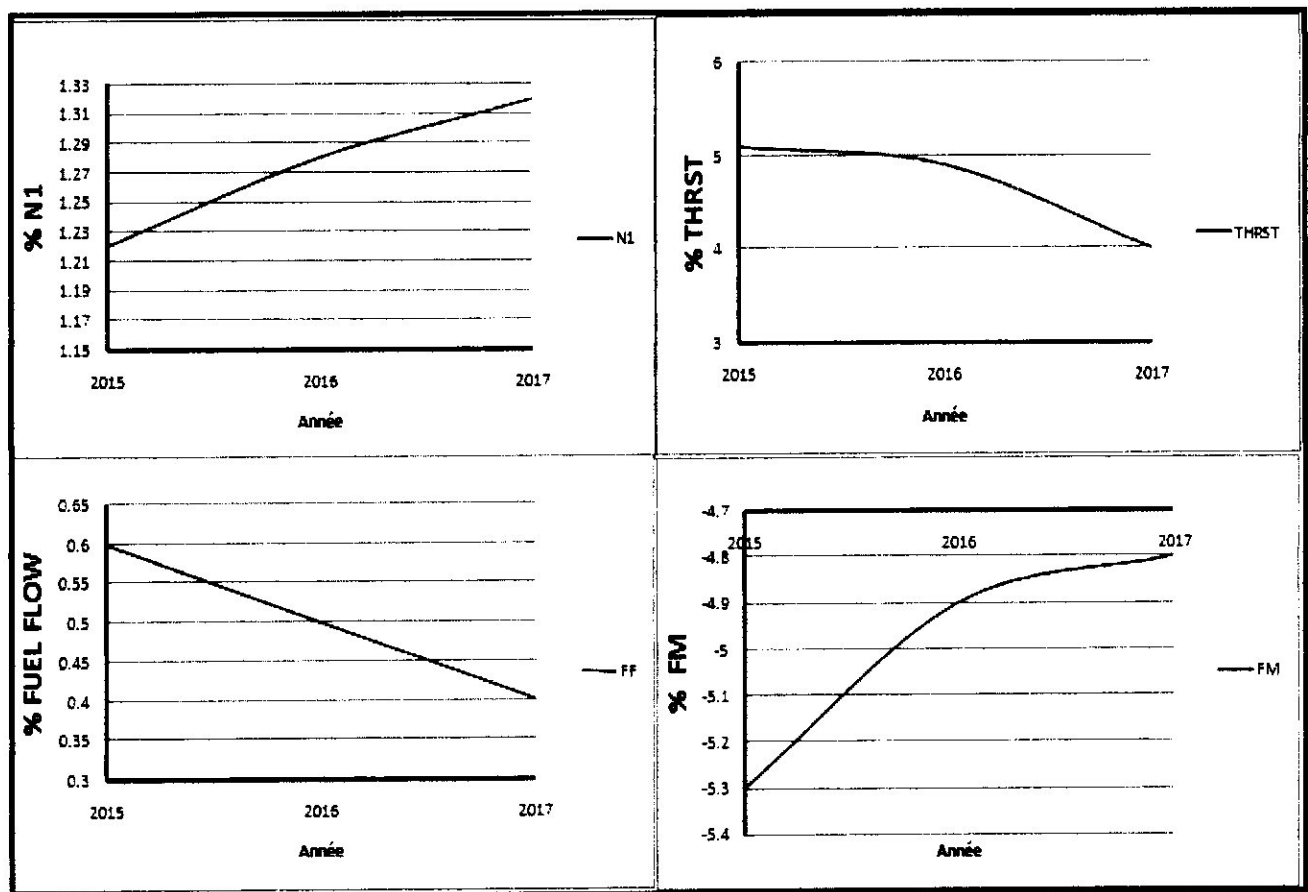


Figure 1.14 : La variation des coefficients de dégradation du 7T-VCB

Analyse des résultats de l'avion 7T-VCB :

Pour cet aéronef, nous observons une dégradation mais très faible du N1% avec une amélioration de la performance %FF (fuel flow) et % FM (fuel mileage) durant ces trois dernières années (2015-2016-2017).

3) L'avion 7T-VCC

Le tableau ci-dessous contient les valeurs des coefficients de dégradation pour l'aéronef 7T-VCC pour les années 2015,2016 et 2017 :

années/vcc	%N1	%THRST	%FF	%FM
2015	1.39	5.2	0.8	-5.6
2016	1.36	5	0.7	-5.1
2017	1.28	4.9	0.5	-4.2

Tableau 1.10 : les coefficients de dégradation du 7T-VCC

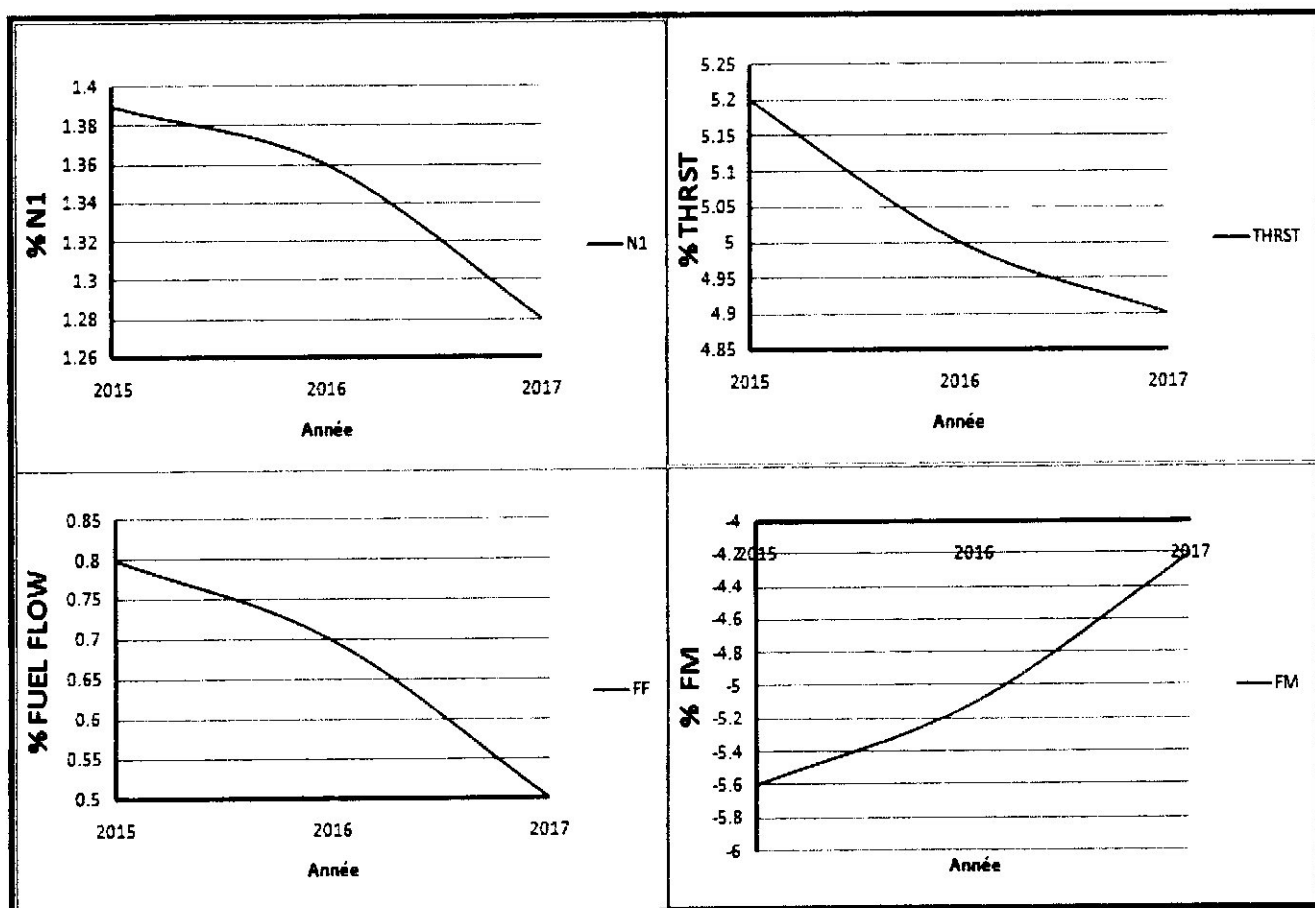


Figure 1.15 : La variation des coefficients de dégradation du 7T-VCC

Analyse des résultats de l'avion 7t-vcc :

Concernant l'avion 7T-VCC nous constatons ce qui suit :

Pour le %N1 ,une amélioration au cours des années , pareille pour les deux autres paramètres , que le fuel flow et le fuel mileage entraine une amélioration avec une tendance faible .

4) L'avion 7T-VCD :

Le tableau ci-dessous contient les valeurs des coefficients de dégradation pour l'aéronef 7T-VCD pour les années 2015,2016 et 2017 :

années /vcd	%N1	%THRST	%FF	%FM
2015	1.22	5.1	0.6	-5.3
2016	1.28	4.9	0.5	-4.9
2017	1.32	4	0.4	-4.8

Tableau 1.11 : les coefficients de dégradation du 7T-VCD

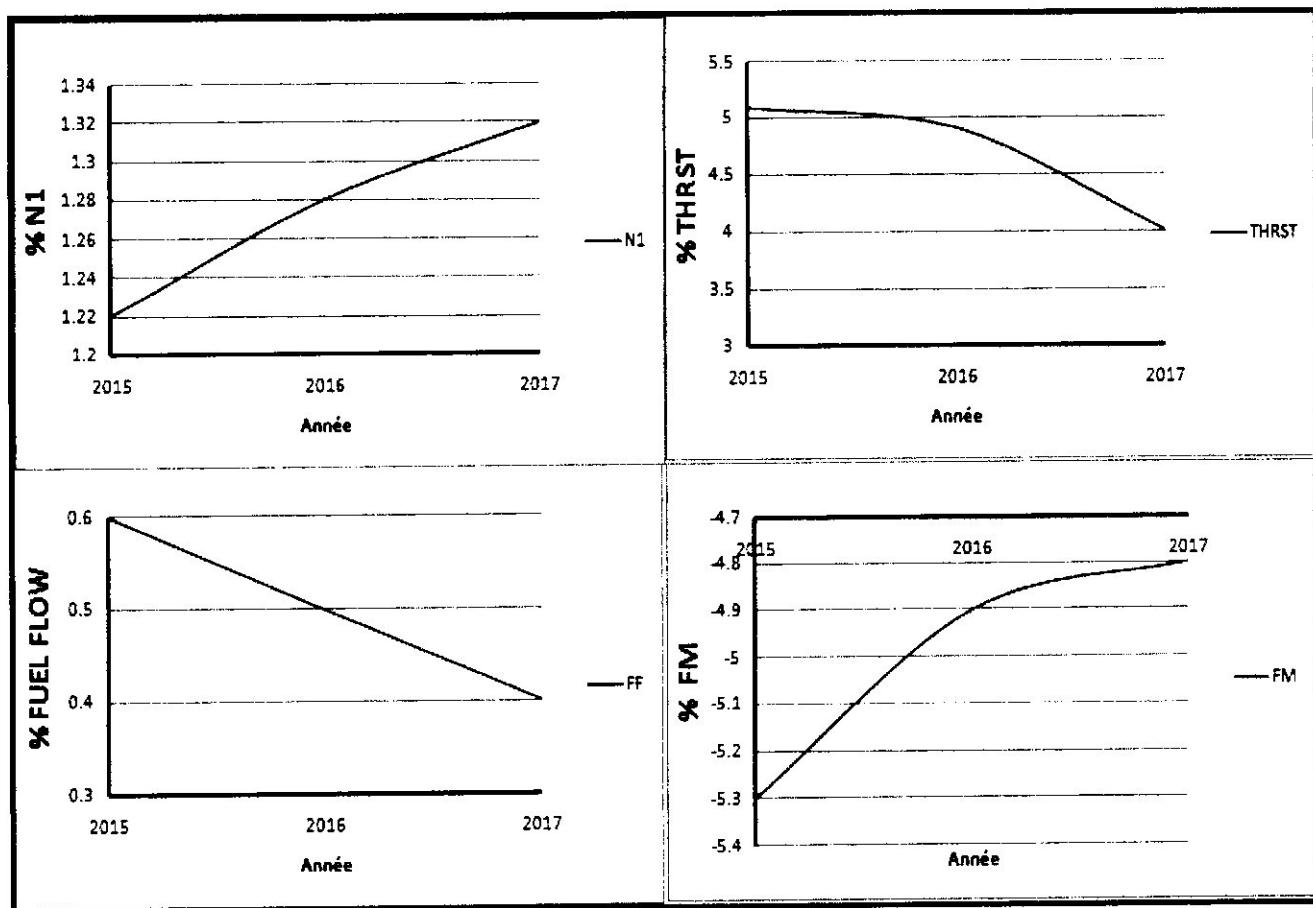


Figure 1.16 : La variation des coefficients de dégradation du 7T-VCD

Analyse des résultats de l'avion 7T-VCD :

Concernant l'avion 7T-VCD nous constatons ce qui suit :

Pour le %N1 , une très faible dégradation au cours des trois dernières années .

Mais une amélioration du paramètre fuel flow (%FF) et fuel mileage (%FM)

5.4. L'interprétation des résultats de la flotte

Le tableau suivant résume le calcul APM des coefficients de dégradation de la flotte .

```

*****
* AIRPLANE PERFORMANCE MONITORING (APM) PROGRAM *
* * *
* BOEING PROPRIETARY, CONFIDENTIAL, AND/OR TRADE SECRET *
* COPYRIGHT (C) - THE BOEING COMPANY *
* UNPUBLISHED WORK ALL RIGHTS RESERVED *
*****

```

BOEING AIRPLANE PERFORMANCE MONITORING (APM) PROGRAM
 VERSION 3.8 DATED 06 DEC 2011
 VARIABLES USED FOR ANALYSIS

DATABASE:
 AIRFRAME=737-800WSP1 ENGINE =CFM56-7B CONFIG #=50
 DATABASE=378WS1 VERSION =1.9 REV DATE=07-FEB-2011

DATE FROM DD-MM-YY	DATE TO	FLT#	%N1 REQ'D	%THRST REQ'D	%FUEL FLOW	%FM
11-01-2017	11-08-17	2863071 380 7t-vca	1.32	4.0	0.4	-4.8
11-01-2017	11-08-17	2863076 330 7t-vcb	1.32	4.0	0.4	-4.8
11-01-2017	11-08-17	2863083 409 7t-vcc	1.29	4.9	0.5	-4.2
11-01-2017	11-08-17	2863083 410 7t-vcd	1.32	4.0	0.4	-4.8
AVERAGE DEVIATION FROM BOOK PERFORMANCE			1.31	4.2	0.4	-4.5
STANDARD DEVIATION			0.4	1.6	0.18	1.7

Figure 1.17 : Les valeurs des coefficients de dégradation obtenues par le programme APM Année (2017)

L'interprétation

La déviation moyenne de la configuration moteur (**N1% REQD**) est de **0.4 %** ,donc on peut dire que la configuration moteur actuel est meilleure que la configuration moteur théorique . Dans ce cas, les avions présentent une performance meilleure que celle donnée par le constructeur dans la base de donnée .

La déviation moyenne de la poussée requise (**THRST REQD %**) est de **1.6%**, la poussée totale observée apparait supérieure à la poussée nécessaire .Dans ce cas ,les avions présentent une performance meilleure que celle donnée par le constructeur dans la base de donnée.

La déviation moyenne du débit de carburant (**FUEL FLOW %**) est de **0.18 %**. Cela signifie que le débit actuel de carburant a subi une faible dégradation .

La déviation moyenne de la consommation distance (**FM %**) est de **1.7 %** , la consommation distance observée est au voisinage de la consommation distance théorique .Alors, on déduit que le fuel mileage entraine une amélioration meilleure que celle donnée par l'avion test .

Remarque

IL est important de dire que les avions **B737-800** de la compagnie Tassili Airlines dont la première a été réceptionnée **le 01-février-2012**, On déduit donc que la déviation des performances de ces appareils ne sera pas importante et même par fois certains appareils présentent des performances plus élevées que celles prévues par le constructeur dans certaines conditions de vol .

5.5. CONCLUSION

Le suivi des performances nous a permis d'identifier la tendance d'évolution de chaque paramètre par rapport au niveau de l'avion test et cela pour chaque immatriculation ainsi l'ensemble de la flotte.

Nous aboutissons enfin par une interprétation générale concernant les performances de la flotte de Tassili Airlines .

Conclusion

En conclusion, nous dirons que le suivi des performances d'un aéronef est un aspect qui se révèle impératif et doit avoir la même importance que celui du contrôle technique régulier effectué sur la flotte de toutes compagnies aériennes car ces objectifs sont avant tous économiques en jouant sur le gain de masse et la consommation carburant ainsi les couts de maintenance et la durée de vie des moteurs .

L'APM est donc un système d'une grande importance qui est nécessaire pour la bonne gestion des avions d'une compagnie

La connaissance de la vraie performance de l'avion est nécessaire pour une planification sûre des vols

Les méthodes actuelles et actives pour la surveillance de la performance de l'avion sont basées sur la mesure et le calcul de la consommation de carburant à partir des données de vol de croisière.

En partie pratique, nous avons utilisé le programme APM de boeing pour étudier les résultats de la dégradation des performances du B737-800 et en faire une analyse approfondie pour obtenir les performances réelles des avions et lancer les actions de maintenances techniques.

BIBLIOGRAPHIE

- (1) Manuel d exploitation général tassili airlines /fondements .Révision N °05 , 24 Avril 2012
- (2) Manuel Flight performances engineering « AIRPLANE PERFORMANCE MONITORING » Cruise data collection , retrieval , and inputting 2015
- (3) Manuel Flight performances engineering « AIRPLANE PERFORMANCE MONITORING » set up and execution 2015
- (4) Manuel Flight performances engineering « AIRPLANE PERFORMANCE MONITORING » deviation trend tracking 2015
- (5) Manuel Flight performances engineering « AIRPLANE PERFORMANCE MONITORING » use and interpretation of results 2015
- (6) Manuel Flight performances engineering « AIRPLANE PERFORMANCE MONITORING »
- (7) Ward, D. T.; Strganac, T. W. Introduction to Flight Test Engineering. Kendall/Hunt, Dubuque, USA, 2001.
Chu, E.; Gorinevsky, D. Detecting Aircraft Performance Anomalies from Cruise Flight Data. // Proceedings AIAA Infotech@Aerospace. Atlanta, 2010
- (8) Par Mr Alili Hichem suivi des performances (APM B737 -NG) et (A330-202) Projet de fin d'étude pour l'obtention du diplôme d'ingénieur d'état en Aéronautique , option :Opération Aériennes 2007

Logiciels :

- (9) :BOING PERFORMANCE SOFTWARE Version 3.8 2011

ANNEXE V

Performance log

C'est une fiche transmise aux pilotes, qui sert à enregistrer les paramètres de vol de croisière de leurs appareils, dans des conditions parfaites de stabilité. Elle est divisée en 2 parties (voir figure v.1).

1. L'entête (header) :

Trois lignes figurent sur la partie supérieure dont la première est obligatoire, elle contient des informations concernant l'identification du vol telles que:

- Le modèle (7x7-ABC) ;
- La ligne aérienne ;
- L'avion ;
- Le numéro de vol ;
- La date ;
- Flight leg.

Les deux autres lignes sont facultatives, elles contiennent les données suivantes :

- TOW ;
- ZFW ;
- Le centre de gravité initial ;
- Le numéro de série des moteurs ;
- La quantité de carburant dans les différents réservoirs (centrale, principale 1, principale 2 et le réservoir auxiliaire).

2. Le moniteur :

C'est la partie principale où sont enregistrés tous les paramètres de vol de croisière. Plusieurs sont présentées, chacune d'elle se compose de quatre lignes, elle contient les informations décrites ci-dessous :

- CAS
- TAT

Exemple : les deux premier ligne (l'identification de l'avion) du B747-800

Performance Log

Header

Line 1	Model	Airline	Aircraft	Flight	DD MM YY	Flight Leg	
	747-400		AP-005	KX0230H0492C	MYZENAM		

Optional	TOW	ZFW	Init CG	Engine Serial Numbers	APU Time
Line 2	64112004	6836021	0		

Initial Fuel Tank Quantities							
Center	Main 1	Main 2	Main 3	Main 4	Res 2	Res 3	H Tail
500	29500	47300	47900	29400	9100	9100	0

Monitor	Engine	Power Setting	Fuel Flow	Fuel Quantities				Gen Load	True Hdg	True Track	Drift Angle	FOCAS	AC
				Center	Main 1	Main 2	Main 3						
1	CAS	10	11.2724856	0	20500	27			72.1				
	TAT	20	11.2724960	20000	20200	26549690	19.06.87						
	Altitude	30	11.2724912	20400					112.65341	330070			
	Mach	40	11.2724856										0.853
2	CAS	10	11.2534648	0	116900	26			103.2				
	TAT	20		4752	116300	116500	26535480	23.06.87					
	Altitude	30		4606	116700				39.85211	339075			
	Mach	40		4610									0.852

Exemple : la troisième et quatrième ligne représente les informations de carburant et le numéro de série des moteurs du B747-800

747-400 Performance Log

Header

Line 1	Model	Airline	Aircraft	Flight	DD MM YY	Flight Leg	
1	747-400		AP-005	XX211	050192	VH-HKSF	

Optional

Line 2	TOW	ZFW	Init CG	Engine Serial Numbers				APU Time
2	019120496360	2117						

Initial Fuel Tank Quantities

Line 3	Center	Main 1	Main 2	Main 3	Main 4	Res 2	Res 3	H Tail
3	60400	29500	02300	02600	29500	0500	0600	10300

Monitor

	Eng	Power Setting	Fuel Flow	Fuel Quantities				Gen Load	True Hgt	True Track	Dist Angle	FO CAS	MC
1 CAS	10	11.2365156	Center	Main 1	Main 2	Main 3	Main 4	0	0	02.11			
TAT	20	11.2365592	Main 2	Main 3	Main 4	Res 2	Res 3	0	0	02.11			
Altitude	30	11.2365511	Main 4	Res 2	Res 3	H Tail				46.3511	035010		
Mach	40	11.2365472	Res 3	H Tail								0.858	

747-400 Performance Log

Header

Line 1	Model	Airline	Aircraft	Flight	DD MM YY	Flight Leg	
1	747-400		AP-005	XX200050192	050192	VH-HKSF	

Optional

Line 2	TOW	ZFW	Init CG	Engine Serial Numbers				APU Time
2	613210492400	22.5						

Initial Fuel Tank Quantities

Line 3	Center	Main 1	Main 2	Main 3	Main 4	Res 2	Res 3	H Tail
3	11200	29400	00100	00500	29200			4100

Monitor

	Eng	Power Setting	Fuel Flow	Fuel Quantities				Gen Load	True Hgt	True Track	Dist Angle	FO CAS	MC
1 CAS	10	11.2105261	Center	Main 1	Main 2	Main 3	Main 4	0	0	30.0			
TAT	20	11.2105304	Main 2	Main 3	Main 4	Res 2	Res 3	0	0	30.0			
Altitude	30	11.2105011	Main 4	Res 2	Res 3	H Tail				41.6511	037005		
Mach	40	11.2105200	Res 3	H Tail								0.871	