

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE & POPULAIRE
Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE DE BLIDA
INSTITUT D'AERONAUTIQUE

MEMOIRE DE FIN D'ETUDES - EX'2 -

En vue de l'obtention du Diplôme d'ingénieur d'état en aéronautique

Option : Opération



THEME

REDUIRE LA CONSOMMATION DES
AVIONS DE LA FLOTTE D'AIR
ALGERIE

Présenté par :

Promoteurs :

M^{lle} : MOULOUDI AZIZA

Mr : TERMELLIL FARID

PROMOTION **2002**

REMERCIEMENT

Merci à dieu tout puissant qui m'a donné la force à suivre mon chemin jusqu'au bout.

Je vous adressé mes remerciements a mon promoteur monsieur TERMELLIL FARID pour son aide et ses conseils, et à tous les personnels D'AIR ALGERIE.

Sans oublier d'exprimer mon extrême gratitude à l'égard de l'ensemble des enseignants de l'institut d'aéronautique messieurs DRIOUCHE, AZZAZEN, RAHIM, BERGEL, REZOUG.

En fin, je remercie messieurs les membres de juré qui ont bien vouloir présidé et examiner mon travail.

merci

DEDICACE

Je dédie ce modeste travail à :

Ma mère pour son amour et sa compréhension, et son encouragement dans toutes les situations.

A l'âme de mon père qui me manque beaucoup, pour celui qui je suis très fière d'être sa fille.

A toute ma famille, mes frères :

SMAIL, MOHEMED, AOK, AMINE, FOUAD, ISLAM.

Et mes sœurs : F.ZORA, WASSILA, KENZA, SOUMAYA, KARIMA, et mon nouveau OUASSAMA.

A mon oncle SMAIL, et sa femme ZORA, qui m'ont aidé et soutenu dans ce travail.

A tous mes amies, LATIFA, F.ZORA, KHAIRA, CHERIFA, RACHIDA, TOUNESSSE, LABASSIA

A ma très chère amie SEHEM, a qui je dois beaucoup de remerciement.

A monsieur ROLEM ABO EL HAK.

A toute la promotion 2001-2002 surtout les Sieme année opération.

AZIZA

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	1
-------------------	---

CHAPITRE I :

PRESENTATION DE LA COMPAGNIE ET DES APPAREILS D'AIR ALGERIE

I. Présentation de la compagnie :.....	2
I.1. Historique de la compagnie :.....	2
I.2. Le réseau de la compagnie :.....	3
I.3. Activité de la compagnie :.....	4
II. La flotte De la compagnie AIR ALGERIE :.....	5

CHAPITRE II :

SUVIS CARBURANT DE CHAQUE AERONEF DE LA FLOTTE D'AIR ALGERIE

I. Introduction :.....	6
II. Intérêt de l'étude :.....	6
II. 1. intérêt opérationnel :.....	6
II. 2. intérêt économique :.....	7

CHAPITRE III :

POLITIQUE D'EMPORT CARBURANT -ECONOMIE CARBURANT

I. Introduction.....	8
II. Politique carburant :.....	8

II.1. Politique d'emport carburant selon JAR-OPS-255.....	8
II. 2. Quantité réglementaire de carburant à embarquer (pour les Turbo-réacteur) :	9
III. L'économie carburant	13
* L'impact de différente procédure sur coût carburant :.....	14

CHAPITRE IV : EXEMPLES CHIFFRES

IV. 1 OPTIMISATION D'UN ITINERAIRE	16
I. Choix de la route :.....	16
IV. 2. L'EMPORT DE QUANTITE EXCESSIVE DE CARBURANT	18
I. Introduction.....	18
II. Coefficient de transport :.....	18
III. Principe de calcul du gain ou perte :.....	19
VI. Les raisons de transport carburant :.....	20
V. Ordre de grandeur de coefficient de transport:.....	21
IV.3 L'INFLUENCE DE CENTRAGE	22
I. Introduction :.....	22
II. Le transfert de carburant :.....	24
III. Le changement de C.G avec la réduction de la masse :.....	26
IV.4 L'UTILISATION RESTREINTE DE L'APU	27
I. Définition de l'APU :	27
I. Consommation APU :	27
II. 1 Le courant électrique :	28
II.2 Le Conditionnement d'air :.....	29

IV.5 . LA MISE EN MARCHÉ DES MOTEURS.....	30
I.Introduction.....	30
II. La mise en marche des moteurs.....	30
II.1. Break way Thrust:.....	30
II.2. L'utilisation de l'APU :.....	31
IV.6. CHOIX DE LA PISTE AU DÉPART.....	33
IV.7 :PENALISATION DUES AU CHANGEMENT DE NIVEAU PAR RAPPORT A 'OPTIMAL.....	34
I. Définition de l'altitude optimale :.....	34
II. La sélection d'altitude de croisière :	34
II.1. La limite de poussée maxi croisière (maximum cruise thrust limite):.....	35
II.2. L'altitude d'accrochage.....	36
II.3. La limite de manœuvre en croisière :.....	36
III. Pénalisation due au changement de niveau de vol optimal :.....	37
IV. Profil de vol optimal.....	38
IV.8. VITESSE DE CROISIERE OPTIMALE :.....	40
I. la vitesse de croisière optimale.....	40
II. La sélection de la vitesse de croisière.....	41
IV.9. PENALISATION DUE AUX ERREURS INSTRUMENTALES.....	43
I. Introduction.....	43
II. Les considérations d'instrumentation :.....	43
IV.10. OPTIMISATION D'UTILISATION DU SYSTEME ANTI – GIVRAGE.....	45
I.Introduction.....	45

2. Effets du givrage.....	45
3-Utilisation de l'antigivrant :	45
4-La quantités consommées par le système :.....	46

IV.11. ENTRETIEN ET AMELIORATION TECHNIQUE

SUR L'AVION	47
I.Pénalisation de traînées parasites :.....	47
II. Détérioration et dégradation de performance avion :.....	48
2 .1. Dégradation cellule :.....	49
2.1.1. Le niveau d'essai en vol.....	49
2.1.2. Paramètres qui affect la détérioration des performances.....	49
2.2. Dégradation moteur :	50
3. Action a entre prendre :	50
3.1. Réduction des traînées parasites :	50
3.2. La maintenance :	51
3.3. Entretien moteur :	51
4. Suivie moteurs :	52
a. Lavage de l'aéronef avec ses produits spéciales :.....	53

I.49.UTILISATION DE LA POUSSEE REDUITE

I. Introduction.....	55
II. Détermination de la poussée réduite :	55
III. L'utilisation de la poussé réduite :.....	56
IV. Restriction d'utilisation :	57
V. L'effet de la poussée réduit sur la consommation carburant :.....	57

IV.13 UTILISATION DU COST INDEX

I. Introduction.....	60
II. Le cost index et le FMS :.....	60
III. De quelle manière le FMS assure t - il cette fonction d'économie..	61
III.1. Les termes « ECON et EDIT » vitesse :.....	61
III.1.1. L'utilisation de l'ECON SPEED (vitesse économique) :.....	61
III.1.2. L'utilisation de « EDIT » vitesse :.....	61
III.2. Altitude de vol déterminer à partir du CI :.....	62
III.3. optimisation du profil de vol par le FMS à partir du cost index	62
IV. La détermination du COST index :.....	64
V. La pénalisation due par un CI réelle ≠ du CI théorique :.....	65
VI. Prise en compte des critères économiques dans la détermination Des vitesses de vol.....	66
VI.1. Politique de conduite :.....	66
VI.2. Priorité à l'économie de carburant :.....	67

CHAPITRE VI :

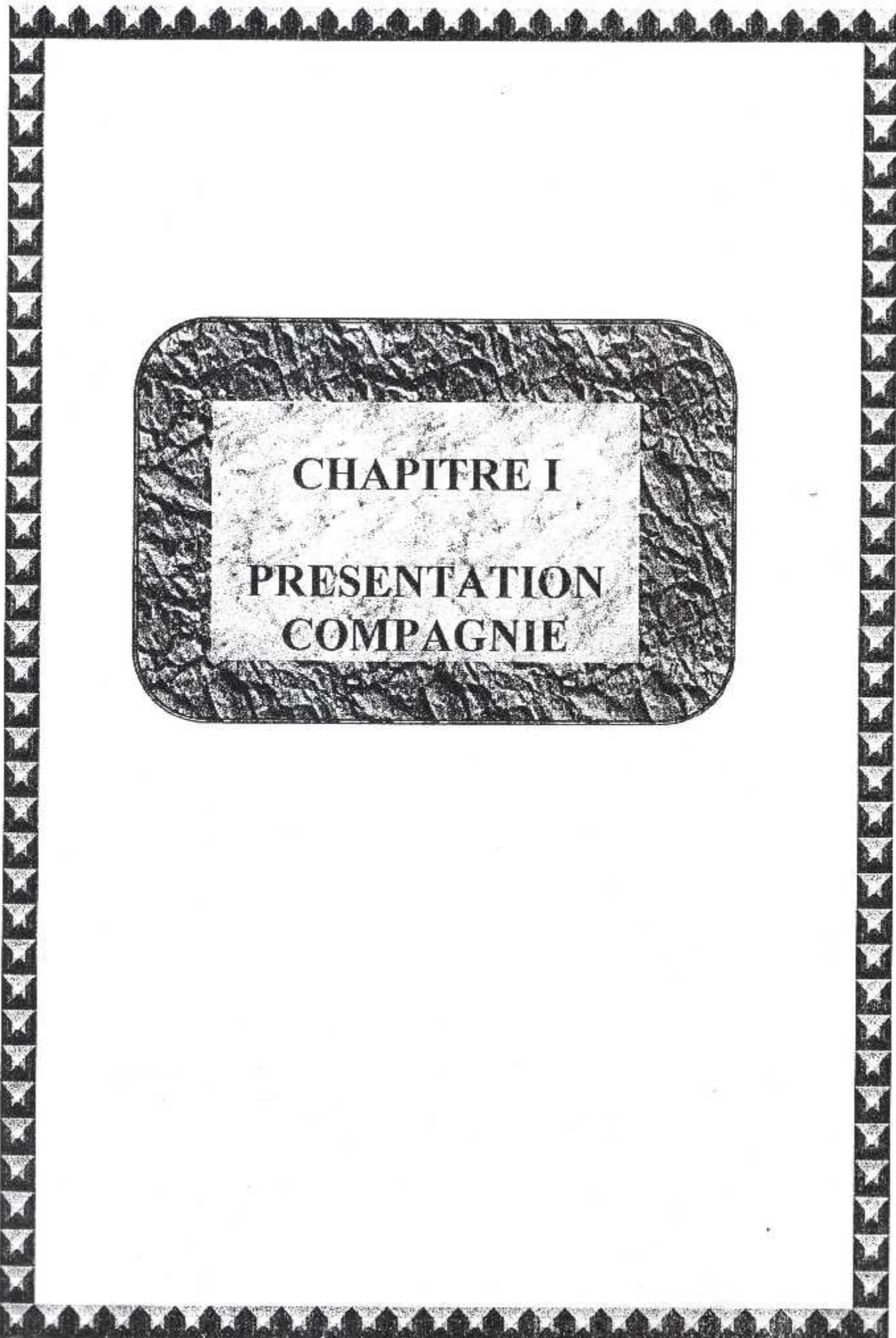
ANALYSE ET UTILISATION DES COUTS

D'EXPLOITATION DIRECTES ET INDIRECTES D'AIR ALGERIE

I. Introduction.....	68
II- Les coûts d'exploitation :.....	68
II - 1 : Première catégorie :.....	69
<i>a-Amortissement de l'avion</i> :.....	69
<i>b-Les charges financières</i> :.....	69
<i>c-Les assurances</i> :.....	69

II – 2 : Deuxièmes catégorie :.....	69
a- Coût carburant :.....	70
b- Coût équipage :.....	70
C- Coût maintenances :.....	70
d- Les redevances de survol :.....	70
e- Les redevances aéroportuaires :.....	71

CONCLUSION	73
-------------------------	----



CHAPITRE I
PRESENTATION
COMPAGNIE

Introduction

La compagnie arienne comme toutes les entreprises commerciales, son but et de tirer le maximum de profit de ses activités.

L'organisation est la première étape de la réussite d'une compagnie, et elle ne peut être assurée que par le concours et la collaboration de l'ensemble des services.

L'objectif de toute exploitation est:

- avoir une bonne rentabilité.
- assurer le maximum de sécurité.
- assurer les meilleurs prestations.
- plus de ponctualité et de régularité.

Donc le souci de la compagnie est de trouver les procédures les plus adéquates pour rentabiliser au maximum sa flotte et tirer le meilleur profit de tout ce qui peut être comme dépenses.

Le coût carburant présente un pourcentage très important de la facture compagnie, vu son importance, il est impératif et nécessaire de trouver un moyen d'économiser le carburant pour réduire d'avantage cette dépense.

Autrement dit, faire une étude globale sur l'optimisation de la consommation carburant.

Dans notre projet on a suivi la consommation carburant de la flotte d'air Algérie qui nous a permis d'analyser les causes pour lesquelles la consommation réelle est supérieure aux prévisions établies sur les plans de vols techniques afin de prévoir des mesures correctives, et fournir des procédures et des mesures à entreprendre pour réduire la consommation des avions.

Présentation de la compagnie et des appareils D'AIR ALGERIE

I. Présentation de la compagnie :

I.1. Historique de la compagnie :

La compagnie AIR Algérie a été créée en 1947 à Alger dans le but d'exploiter un réseau dense et régulier de lignes aériennes entre l'Algérie et la France.

En 1953, elle a fusionné avec la compagnie générale de transport aérien AIR ALGERIE

Dix ans plus tard à la suite de l'indépendance de l'Algérie, AIR ALGERIE devenant la compagnie nationale algérienne placée sous la tutelle du ministère de transport.

En février 1963 l'Etat algérien contrôlait 51% de la compagnie nationale et une politique d'Algérienisation du personnel était entreprise.

Cette part est renforcée considérablement dans les années suivantes de 51% en 1963 à 82% en 1968.

Le 12 décembre 1972 date historique pour AIR ALGERIE le capital social s'est Algérienisé à 100%.

Elle a été autorisée à effectuer du transport aérien public de passagers et de fret conformément à l'arrêté du 22 décembre 1970.

La promulgation de l'ordonnance n° 78-35 du juin 1975 portant statut de l'entreprise socialisée AIR ALGERIE baptisée société nationale de transport et de travail aérien venue à point nommé pour doter la société d'instruments juridiques et organisationnels et préciser davantage le champ de son intervention.

I.2. Le réseau de la compagnie :

Le réseau AIR ALGERIE, très limité au lendemain de l'indépendance n'a cessé de s'élargir pour couvrir aujourd'hui de très long distances

Actuellement le réseau s'étend sur 27 pays dont 15 d'Europe orientale et occidentale, 6 d'Afrique et 2 du moyen orient

i. Réseau international :

1-France :

Alger : Lille – Lyon – Marseille – Nice – Paris – Toulouse

Oran : Lyon – Marseille – Paris – Toulouse

Annaba : Lyon – Marseille – Paris

Constantine : Lyon – Marseille – Paris

Biskra : Lyon – Paris

2-Europe :

Alger: Barcelone– Berlin – Bruxelles – Francfort – Genève

Istanbul – Londre- Madrid – Moscou – Prague – Rome

Oran : Alicante

3-M.M.O :

Alger : Amman –Caire–Casablanca–Damas – Nouakchott- Dubaï – Tunis

Amman : Dubaï

Annaba : Lyon – Marseille – Paris

Casablanca : Nouakchott

4-Afrique :

Alger : Bamako – Dakar – Niamey – Ouagadougou – Abidjan

Tamanrasset : Agadez

ii. Réseau intérieur (domestique) :

Adrar : Bechar – bordj badji mokhtar – Oran

Alger : Adrar – Annaba – batna -Bechar - Bejaïa -Biskra

Constantine – Janet –Goléa – El-oued –Ghardaïa – Hassi

Messaoud – Illizi – Ain-Amenas.

Alger : In Salah – Jijel – Mascara – Oran – Ouargla – Tamanrasset – Tessa
– Tiaret – Timimoun – Tindouf – Tlemcen – Touggourt

Annaba : Oran

Bechar : Constantine – Ghardaïa – Oran – Timimoun – Tindouf

Constantine: Bechar – Ghardaïa – Oran –Tamanrasset

In amenas : Oran - Ouargla

In salah : Ghardaïa – Ouargla - Tamanrasset

El-Goléa : Tamanrasset

Ghardaïa : In Salah – Oran - Tamanrasset – Timimoun – Oran

Illizi : Djanet - Ghardaïa- Ouargla- Tamanrasset

In amenas : Oran - Ouargla

In Salah : Ghardaïa- Ouargla- Tamanrasset

Oran : Hassi Messoud- Ouargla- Tamanrasset– Timimoun– Tindouf

Ouargla : Tamanrasset

I. 3. Activité de la compagnie :

L'article 3 du décret n° 84-347 précise le domaine des activités de l'entreprise :

- a- En matière de transport aérien
- b- En matière de travail aérien
- c- En matière de gestion et d'exploitation
- d- En matière d'exploitation technique

i. Vols charters :

La majorité des vols charters internationaux s'effectue au départ d'Alger ou d'Oran , de Constantine à destination du bassin méditerranéen : Tunis, France, Italie, Djedda, Istanbul, ... ect.

- AIR ALGERIE : effectue d'autre part de nombreux vols domestiques, pour son compte, tels Oran, Tiaret, Tamanrasset... etc.

ii. Lignes régulières :

AIR ALGERIE exploite pour son propre compte, les lignes réguliers Alger – paris et Alger – Rome – et les ligne Alger – Lyon, Alger – Damas elle exploite également la ligne Alger – Lusaka .

iii. Transport de fret :

La compagnie a depuis peu, décidé de développer son activité au niveau de fret et ce en association avec d'autres compagnies

La compagnie AIR ALGERIE est dotée d'un système technique extrêmement complet efficace et compétent ce qui lui permet d'effectuer tous les travaux de réparation et de maintenance non seulement de sa flotte mais aussi pour le compte d'autre compagnies

(Tassili AIR LINES)

II. 4. Présentation de la direction des opérations aériennes:

L'objet général des opérations est de permettre d'assurer la réalisation des vols dans les meilleurs conditions de sécurité de régularité, d'économie et de qualité du service au passagers pour assurer cette mission, les opération couvrent les domaines d'activités suivants :

- L'élaboration et la mise a jour de la documentation
- La préparation des vols
- Etudes opérationnelles diverses
- Etudes de la réglementation
- Gestion carburant

II. La flotte De la compagnie AIR ALGERIE :

La compagnie AIR ALGERIE ce consiste de 51 appareils de type BOEING , AIRBUS, FOKER et LOKHED.

- 10 727-200.
- 15 B737-200.
- 05 B737-600.
- 07 B737-800.
- 03 B767-300.
- 02 A310-203.
- 02 L382 G (avion CARGO).
- 07 F 27-400M.

CHAPITRE II :

Suivis carburant de
chaque aéronef de la
flotte
D'AIR ALGERIE

Suivis carburant de chaque aéronef de la flotte D'AIR ALGERIE

I. Introduction :

Il s'avère en pratique que chaque avion s'éloigne l'égerment de ces performances standard, car on a constaté que la consommation est supérieure aux prévisions données par le plan de vols techniques

II. Intérêt de l'étude :

Les intérêt que représentent le suivi et l'analyse des cause potentielle d'une consommation excessive pour une compagnie de ses appareil, sont de plusieurs natures :

- un intérêt opérationnel
- un intérêt économique

II. 1. intérêt opérationnel :

II.1.1. Emport carburant :

la réglementation impose, en plus du délestage prévu sur une étape donnée, certaines réserves en carburant pour faire face a certaines situations, les calculs de carburant sont effectués à partir des données de consommation fournies par le constructeur, ces donnés correspondent à un avion standard.

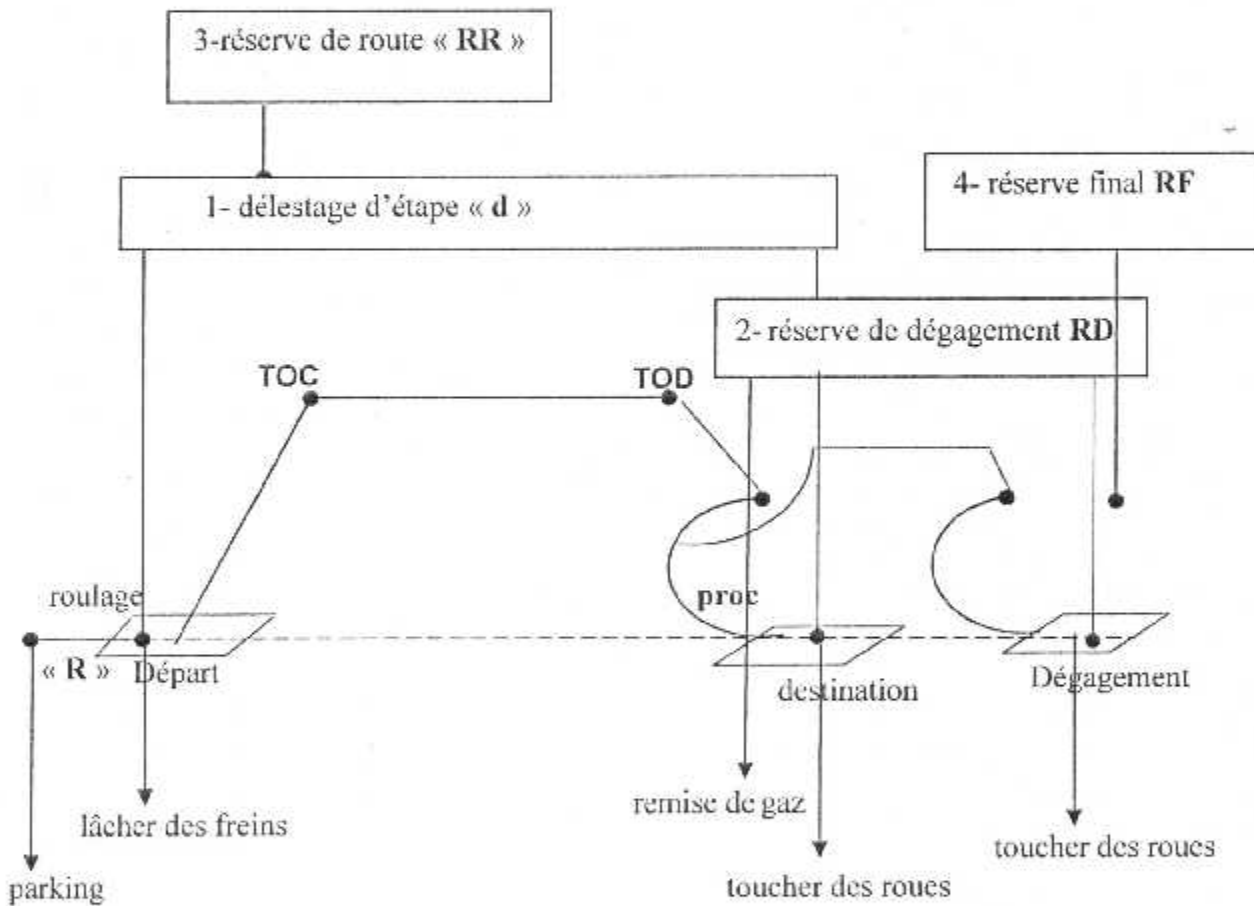
Pour des raison de sécurité on considère que les performances de l'avion sont moins bonnes que celles annoncées, ce qui conduit à embarquer un surplus de carburant par rapport à la quantité calculée .

le plan opérationnel de cette étude servira à :

- mettre en évidence les éventuels écarts constatés
- établir si besoin un taux de dégradation des performances

- 3) les réserves de carburant :
- réserve de route (RR)
 - réserve de dégagement (RD)
 - réserve finale (RF)

I. 2. Quantité réglementaire de carburant à embarquer (pour les Turbo-réacteur) :



La quantité de carburant au lâcher des freins (notée ' Q_{LF} '), doit être la somme de 4 quantités suivantes :

1. délestage d'étape (d).
2. Réserve de dégagement (RD).




- réactualiser par ce fait les données relatives à chaque appareil
- Réajuster éventuellement les prévisions c'est –à- dire d'étudier si celles ci sont bien adoptées à la réalité.
- Permettre une gestion de carburant plus juste

II.2. intérêt économique :

l'analyse des éléments pouvant être la cause d'une augmentation de la consommation est de façon évidente utile du point de vue économique

si l'on pouvait connaître avec précision la consommation réelle d'un avion cette quantité en excédant pourrait être renommée au strict nécessaire.

CHAPITRE III :



Politique d'export
carburant — Economie
de carburant

Politique d'emport carburant- Economie carburant

III. Introduction :

Un vol doit être exploiter en fonction des conditions météorologique, de la trajectoire de l'étape, de ces contraintes dues au trafic aérien prévue pour ce vol , l'avion doit emporte :

- une quantité de carburant et de lubrifiant suffisante pour effectue le concours prévue dans les condition normales de fonctionnement des équipements-de l'avions

- une quantité supplémentaire lui permettant d'une part d'atteindre l'aérodrome de dégagement si un tel aérodrome est requis et d'autres part, de faire face aux aléas du voyage.

Les quantité sont fixés par l'arrête du 5 novembre 1987 paragraphe 7-10 figurant du chapitre 3 du règlement de transport aérien.

II. Politique carburant :

II. 1. politique d'emport carburant selon JAR – OPS1 – 255 :

- a. un exploitant doit établir une politique carburant pour les besoins de la planification du vol et de replanification en vol pour s'assurer qu'est à bord sur chaque vol une quantité de carburant suffisante pour le vol prévue et de réserve pour convenir les écarts par rapport à l'opération envisagée.

- b. Un exploitant doit s'assurer que lors de la préparation du vol le calcul de la quantité minimum de carburant utilisable nécessaire pour le vol comprend :

- 1) le carburant pour le roulage
- 2) la consommation d'étape (délestage)

3. Réserve de route (RR).
4. Réserve finale (RF).

1- Carburant pour le roulage :

La quantité carburant prévue pour le roulage ne devait pas être inférieure à celle prévue à utiliser avant le décollage en tenant compte des conditions locales à l'aérodrome de départ et de la consommation du groupe auxiliaire (APU) de puissance.

2- la consommation de l'étape (délestage) :

Elle devrait inclure :

- a. le carburant utilisé pour le décollage et la montée, jusqu'au niveau de croisière, compte tenu de départ prévu.
- b. Le carburant utilisé du début de la descente jusqu'au début de la procédure d'approche et compte tenu de la procédure d'arrivée prévue
- c. Le carburant utilisé du fin de la montée (TOC) jusqu'au début de la descente (TOD), en tenant compte de toute montée ou descente par paliers.
- d. Le carburant nécessaire pour l'approche et l'atterrissage sur l'aérodrome de destination.

3- La réserve de route (RR) :

La réserve de route devait être la plus élevée des quantités suivantes (A) et (B) :

A- soit :

- 1) 5% de la consommation d'étape ou en cas de re planification en vol 5% de la consommation prévue pour le reste de l'étape
- 2) Au moins 3% de la consommation d'étape, en cas de re planification en vol 3% de la consommation prévue pour le reste de l'étape, sous réserve de l'approche de l'autorité et pourvu qu'un aérodrome de dégagement en route soit disponible .

3) une quantité correspondant à 20mn de la consommation d'étape prévue pour ce vol

4) une quantité au mois égale à 15mn à la vitesse à 1500ft(450m) au-dessus de l'aérodrome de destination, en condition standard, lorsque l'exploitant établit un programme approuvé par l'autorité de suivi de carburant pour chaque combinaison individuelle avion/route et que ce programme entre dans une analyse statistique permettant la détermination de réserve de route pour cette combinaison avion/route.

B-soit :

le carburant nécessaire pour voler pendant 5mn à la vitesse d'attente à 1500ft (450m) au-dessus de l'aérodrome de destination en condition standard

4- La réserve de dégagement (RD):

le carburant de dégagement suffisant pour effectuer :

- a. une approche interrompue à partir de la décision applicable à l'aérodrome de destination jusqu'au point MAPT (ou à l'altitude d'approche interrompue), compte tenu de la trajectoire effectuée pour rejoindre celle de l'approche interrompue
- b. une montée de l'altitude d'approche interrompue jusqu'au niveau de la croisière
- c. la croisière entre la fin de la montée et le début de la descente
- d. la descente du début de la descente (TOD) jusqu'au début de l'approche, compte tenu de la procédure d'approches d'arrivée prévue
- e. l'approche et l'atterrissage sur l'aérodrome de dégagement sélectionné en accord avec le JAROP 1-295
- f. Si conformément au JAR OPS 1-295, deux aérodromes de dégagement sont nécessaires, le carburant pour le dégagement doit être suffisant pour voler jusqu'à l'aérodrome de dégagement exigeant une quantité de dégagement plus importante.

5- La réserve finale (RF):

La réserve finale de carburant devait être :

- a. Pour les avion équipés de moteurs à pistons, la quantité nécessaire à un vol de 45 mn .
- b. Pour les avion équipés de moteurs à étudier, la quantité de carburant nécessaire a un vol de 30mn ,à la vitesse de l'attente à 1500FT au dessus de l'aérodrome, en condition standard, calculée en fonction de la masse estimée à l'arrivée à l'aérodrome de dégagement de la destination ou de l'aérodrome de destination.

6- Carburant additionnel :

A l'exception de l'exploitation concorde, le carburant additionnel qui devrait permettre :

- a. Une attente de 15min, à 1500ft au dessus de l'aérodrome en condition standard, lorsque le vol est en région IFR sans aérodrome de dégagement.
- b. En cas de panne éventuelle moteur ou du système de préservation, l'avion doit :
 - 1) Descendre autant que nécessaire et poursuivre le vol jusqu'à un aérodrome adéquat, et
 - 2) Attendre ensuite pendant 15mn a 1500ft au dessus de l'aérodrome en condition standard et .
 - 3) Effectuer une approche et un atterrissage

7- Le carburant supplémentaire :

le carburant supplémentaire, qui devait être laissé à l'entrée discrétion du commandant de bord.

III. L'économie carburant

les efforts réalisés par les compagnies aériennes, ont été constamment soutenues pour limiter les dépenses en carburant.

Dans ce cadre, ces efforts ont porté sur l'établissement de procédures d'exploitation, parmi celles ci les points détaillés ci-près :

1. Optimisation d'un itinéraire :

obtenir des routes directes avec des taxes de survol minimal par accord avec ATC

2. Import excessif de carburant :

il peut être intéressant d'embarquer du carburant supplémentaire lorsque la prise entre les aéroports de départ et de destination a condition que cela n'affecte pas la charge offerte.

3. Maintien d'un centrage arrière :

la position du centre de gravité d'un avion a un effet impact sur le débit fuel donc il faut contrôler sa position optimale la plus arrière possible

4. Utilisation restreinte de l'APU :

une utilisation de l'APU restreinte porte un gain sur la durée de vie matériel, et réduit la consommation carburant, l'APU consomme entre 350 et 500 livres (160 et 230kg) de carburant par heure pendant les opérations au sol.

5. Choix de la piste de départ :

En cas de possibilité, demander la piste au décalage la plus proche

6. Utilisation de la longueur de piste réduite au décalage :

Atteindre la vitesse de sustentation et monter le plus tôt possible après le décalage afin de minimiser le temps d'application de la traînée due par la rétraction des volets :

- modifiant le braquage de volets
- modifiant les vitesses associées au décollage
- modifiant la température Flex T/O

Donc cette procédure doit être étudiée avec soin et anticipation

7. Utilisation de la poussée réduite :

Cette procédure modère la consommation carburant les contrainte sur les partie chaudes du réacteur, donc augmentée la durée de vie et avion un taux de dégradation des réacteurs.

8. Adoption d'un niveau de vol (profil du vol) :

La montée : choisir un niveau de vol optimal a faire a cette phase de vol est a ne pas ce pénalisé.

La croisière : la mesure la plus importante a faire a cette phase de vol est d'optimiser l'altitude et la vitesse du vol en fonction de la masse de l'avion la température extérieure, le vent, et la distance de l'étape à parcourir.

L'attente : elle doit être effectuer à des altitudes plus hautes que possible

La descente : choisir un profil pour une descente optimal à poussée ralentie et à vitesse de finesse maxi, ainsi que le chois du point descente (TOD) doit être précis

8-utilisation du cost.-index :

Le chois de la vitesse et du mach au PRM (prix de revient minimum)

9-optimisation de la performance aérodynamique :

A ajustements fréquents du trim

10-après atterrissages :

il est possible sur un tri-réacteur de couper un moteur pendant le roulage, cette opération entraîne un gain appréciable de carburant

11-utilisation du COST INDEX :

l'utilisation du COST INDEX donne une vitesse économique (ECON SPEED), qui apporte un gain économique supplémentaire en carburant et en temps de vol.

L'impact de différents procédure sur coût carburant :

Pour bien voir l'effet de certaines opération effectuées sur un avion en vue d'une exploitation , j'ai prix un exemple sur trois types d'avion B727, B737, B767et j'ai présenté l'influence de ces différents procédures sur le coût carburant , dans le tableau suivant :

terms	Impact on trip feul		
	B727	B737	B767
Réduction de vitesse de croisière			
From minimum cost cruise	1 to 2%	1 to 2 %	---
From high speed schedule	2 to 8 %	4 to 12%	---
From minimum trip feul			
If 0.01mach fast		---	-0.1 to- 0.2%
If 0.02 mach fast	---	---	-0.4 to-0.6%

Altitude optimale			
Within 4000ft de l'optimum	0 to 4%	0 to 4%	1.5%
4000à 8000ft au-dessous de l'optimum	2 to 12%	2 to 12%	7.5%
Montée optimale (LB)			
Reducing climb speed to minimum trip feul speed	0 to300	0 to 100	---
If 10KT fast	---	---	-0.1 to-0.5%
If 20KT fast	---	---	-0.2 to-1%
Descente optimal (LB)			
Reducing descent speed to minimum trip feul speed	200	80	---
If 20KT fast	---	---	0 to-1%
If 40KT fast	---	---	-0.5to-2%
Débit carburant pendant le roulage (b/min)	60	50	50
Débit carburant de l'APU(LB/min)	5	4	4.16
Takeoff flap selection (LB)			Baseline
Flap 20			-20
Flap 15			-40
Flap 05			-60
Flap 01			
Aerodynamique cleanness		0 to 6%	---
Pénalité due a la poussée réduite (LB)	0 to 6%	---	30
Landing weight reduction (per 1000LB)	---	1%	-0.3%
instrument calibration	0.47%		---
	1 to 2% per 0.01Mach slow indication		

CHAPITRE IV :



Exemples chiffrés

Optimisation d'un itinéraire

I. Introduction :

Quand un avion décolle, ce ne sont pas uniquement le nombre de passages et le fret embarqué qui déterminent si le vol sera rentable ou non, mais aussi suivant la route choisie, en fonction des performances de l'avion (décollage, atterrissage et croisière). La limitation de la charge offerte marchande pourra affecter la rentabilité de ce vol.

II. Choix de la route :

On doit définir les différentes routes possibles qui pourront être suivies, en fonction des conditions météorologiques et des taxes de survol.

S'assurer également que les performances en croisière de l'avion sont compatibles avec ces routes choisies.

En direction d'une destination donnée, il existe plusieurs possibilités d'itinéraire à chacun correspond un coût lié à la taxes de survol.

Donc tous ces paramètres ont une influence directe sur les coûts d'exploitation, Un choix judicieux et bien précis de l'itinéraire permet des économies annuelles importantes à l'échelle de la flotte de la compagnie.

L'agent de l'exploitation doit déterminer la route optimale en fonction de différents critères (la route la plus directe, niveau de vol optimale,... etc).

Les impératifs du contrôle, et notamment les possibilités de créneau horaires, qui peuvent être différents suivant la route choisie et l'aérodrome de départ ou de destination, déterminent une ou plusieurs routes alternatives.

L'emport de quantité excessive de carburant

I. Introduction :

En générale la surcharge provoque une surconsommation de carburant sur une étape donnée, mais il peut être intéressant d'embarquer du carburant supplémentaire lorsque le transport du carburant est bénéfique.

la perte due à la sur consommation peut être largement compensée par le gain réaliser sur quantité prise au terrain de destination si cela n'affecte pas la charge à transporter .

II. Coefficient de transport :

On définit le coefficient de transport comme le rapport entre la quantité excessive de carburant emportée au décollage et celle restante a l'atterrie.

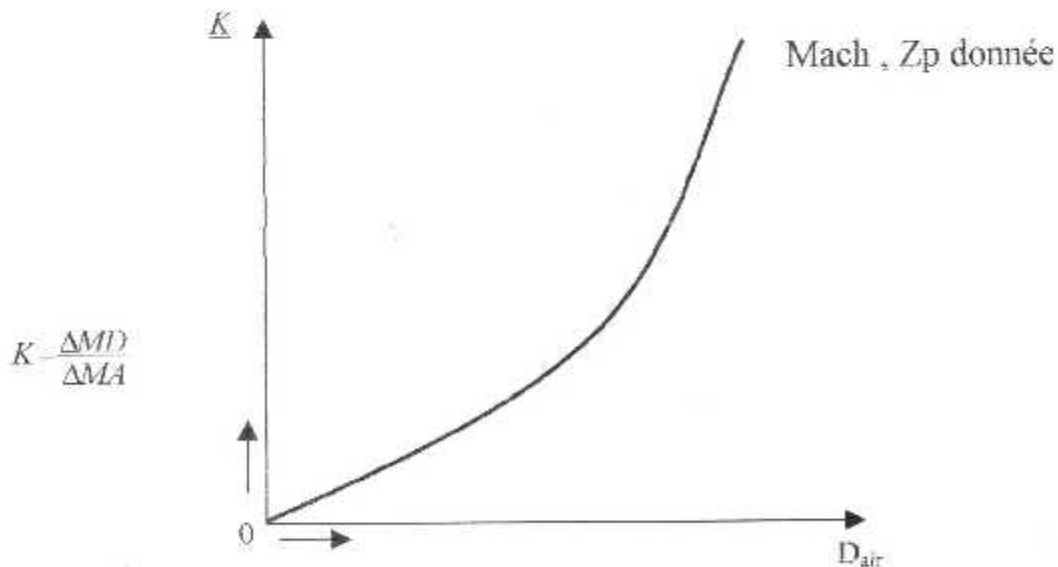


Fig 1. la variation du coefficient de transport en fonction de la distance

Remarque : K est une fonction croissante de la distance air

II. Principe du calcul du gain ou perte :

- soient : P_a : la prise carburant au terrain d'arrivée
- P_d : la prise carburant au terrain de départ
- ΔMD : la sur charge carburant au décollage
- ΔMA : la sur charge carburant a l'atterrissage
- ΔC : la sur consommation
- ΔT : la variation du temps du a ΔM
- P_h : le coût marginale à l'heure du vol

- Si on veut acheter moins de carburant au terrain d'arrivée, l'économie réalisé sera :

$$(\Delta MD - \Delta C) * P_a \quad | \quad \text{le : gain de coût carburant économiser}$$

-Quant au coût lié à la variation du temps de vol, il sera donc :

$$\Delta T * P_h \quad \text{avec } \Delta T > 0$$

d'ou le bilan économique :

$$(\Delta MD - \Delta C) * P_a - \Delta MD * P_d + \Delta T * P_h$$

$$\text{ou } \Delta MD * (P_a - P_d) - \Delta C * P_a + \Delta T * P_h \dots (1)$$

$$\text{SI } (1) > 0 \Rightarrow \text{gain financier}$$

$$\text{SI } (1) < 0 \Rightarrow \text{perte financière}$$

Exprimons le gain on la perte par tonne embarqué ($\Delta MD = 1$ Tonne)

$$(1) \Rightarrow (P_a - P_d) - \Delta C * P_a + \Delta T * P_h$$

a. Cas du vol a Mach constant :

Donc ce cas $\Delta T = 0$, donc le bilan sera :

$$\Delta MD * (P_a - P_d) - \Delta C * P_a$$

$$\begin{aligned} \text{On a } \Delta C &= \Delta MD - \Delta MA & \Rightarrow & \left(\Delta MD * (P_a - P_d) - (\Delta MD - \Delta MA) * P_a \right) \\ \text{et} & & & \\ K &= \frac{\Delta MD}{\Delta MA} & \Rightarrow & \left(\Delta MA * (P_a - \frac{\Delta MD}{\Delta MA} * P_a) = \Delta MA * (P_a - K * P_d) \right) \end{aligned}$$

Donc on aura $\Delta MA(Pa - K * Pd) \dots (2)$

$$(2) > 0 \text{ Si } (Pa - K * Pd) > 0 \Rightarrow \frac{Pa}{Pd} > K$$

Pour des étapes courtes ou $k \neq 1$ une petite différence de prix se traduit par un bilan financier positif

Par contre, pour des longue étapes la différence de prix de vrais être très important

b. Cas des vols au long range ou PRM :

Donc ce cas, $\Delta T \neq 0$, donc le rapport $\frac{Pa}{Pd}$ sera fonction de temps de vol et

Et du coût marginal à l'heure de vol.

$$\frac{Pa}{Pd} > K \frac{(\Delta T * Ph)}{(\Delta MA * Pd)} \text{ ou } \frac{Pa}{Pd} > K \left(1 - \frac{(\Delta T * Ph)}{(\Delta MD * Pd)} \right)$$

IV. Les raisons de transport carburant :

On transporte un surplus de carburant pour les raisons suivantes :

A- si la différence du prix de carburant entre l'aéroport de destination et de départ est suffisante pour avoir un bilan positif donc on transporte une quantité excessive de carburant tel qu'il sera possible d'utiliser le reste dans le vol suivant.

B- le temps régulier d'aller / retour pour une destination ne peut pas permettre un temps adéquat pour charger la quantité carburant suffisante et nécessaire pour le secteur prochain, en considérons le carburant réglementaire en toute sécurité.

C- le temps de l'embarquement fuel s'allonge sur le temps programmé au sol, va empêcher d'utiliser le temps programmé pour l'occupation de l'espace aérien (temps donnée par ATC).

Donc on aura $\Delta MA(Pa - K * Pd) \dots (2)$

$$(2) > 0 \text{ SI } (Pa - K * Pd) > 0 \Rightarrow \frac{Pa}{Pd} > K$$

Pour des étapes courtes ou $k \neq 1$ une petite différence de prix se traduit par un bilan financier positif

Par contre, pour des longues étapes la différence de prix de vrais être très important

b. Cas des vols au long range ou PRM :

Donc ce cas, $\Delta T \neq 0$, donc le rapport $\frac{Pa}{Pd}$ sera fonction de temps de vol et

Et du coût marginal à l'heure de vol.

$$\frac{Pa}{Pd} > K - \frac{(\Delta T * Ph)}{(\Delta MA * Pd)} \quad \text{ou} \quad \frac{Pa}{Pd} > K \left(1 - \frac{(\Delta T * Ph)}{(\Delta MD * Pd)}\right)$$

IV. Les raisons de transport carburant :

On transporte un surplus de carburant pour les raisons suivantes :

A- si la différence du prix de carburant entre l'aéroport de destination et de départ est suffisant pour avoir un bilan positif donc on transporte une quantité excessive de carburant tel qu'il sera possible d'utiliser le reste dans le vol suivant.

B- le temps régulier d'aller /retour pour une destination ne peut pas permettre un temps adéquat pour charger la quantité carburant suffisante et nécessaire pour le secteur prochain, en considérons le carburant réglementaire en toute sécurité .

C- le temps de l'embarquement fuel s'allonge sur le temps programmée au sol , va empêcher d'utiliser le temps programmée pour l'occupation de l'espaces aérien (temps donnée par ATC).

V. ordre de grandeur de coefficient de transport:

a- pour les vols court courrier (distance air < 2000NM) :

k est différent de 1

b- pour les vols moyens courriers (2000 < distance air < 4000NM) :

k est souvent supérieur à 1,1

c- pour les vols long courriers (distance air < 4000NM) :

k peut atteindre des valeurs de 1,3 à 1,5)

IV.3 L'influence de Centrage

I. Introduction :

La position du centre de gravité d'un avion, la plus arrière possible, à un effet bénéfique sur la consommation de carburant, sa position est en générale en avant du centre de poussée (le centre de poussée est la limité arrière du centrage).

Dans cette configuration l'empennage arrière est en général déporteur, par conséquent, le couple piqueur crée par un déplacement vers l'avant du centre de gravité rendre l'empennage plus déporteur, d'ou la création d'une traînée supplémentaire ayant une influence néfaste sur la consommation carburant.

L'incorporation d'un réservoir de carburant dans le plan fixe horizontal et un moyen de control automatique qui contrôle la distribution de ce carburant afin de réduire la consommation pendant la croisière .

Des études faites par AIRBUS ont démontré que le déplacement du C.G de 1 % vers l'arrière permet d'économiser 2 % sur la consommation carburant.

Le graphe (Fig1) suivant montre l'effet de la position de centre de gravité sur le débit carburant en pourcentage.

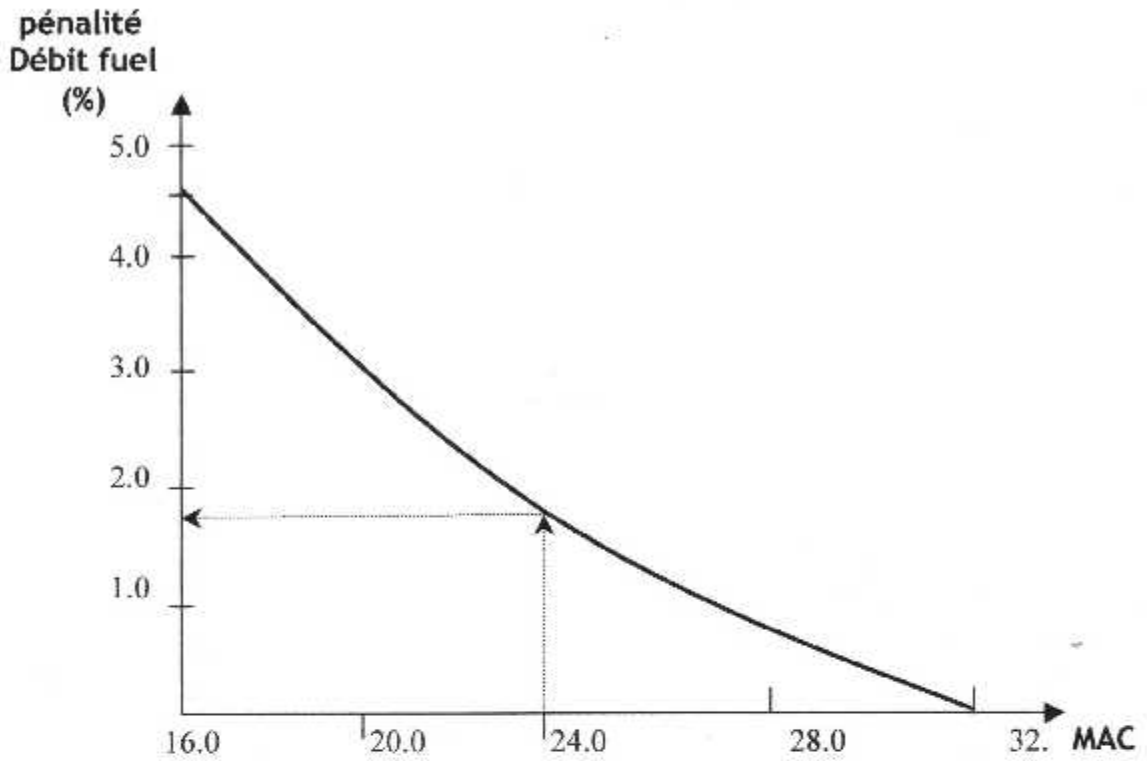


Fig .1 l'impact de centre de gravité sur le débit carburant

Le graphe (Fig.2) suivant nous montre l'effet de la position de centre de gravité sur la consommation de carburant par avion par AN .

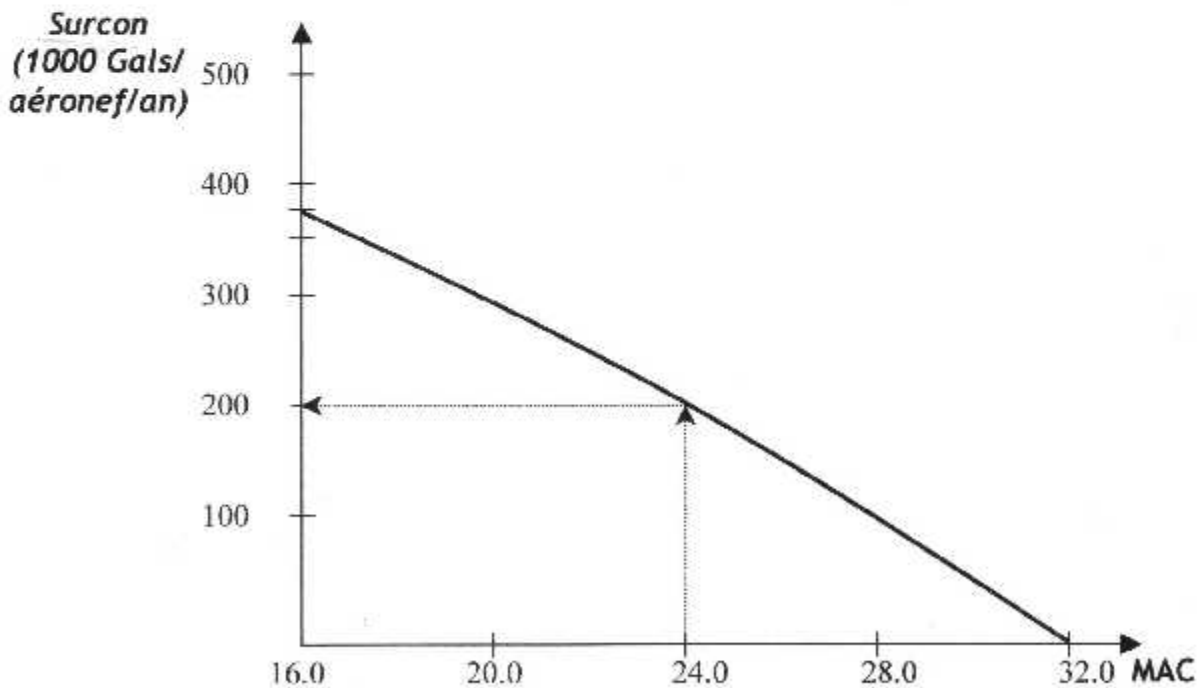


Fig .2 l'impact de centre de gravité sur la consommation carburant

II. Le transfert de carburant :

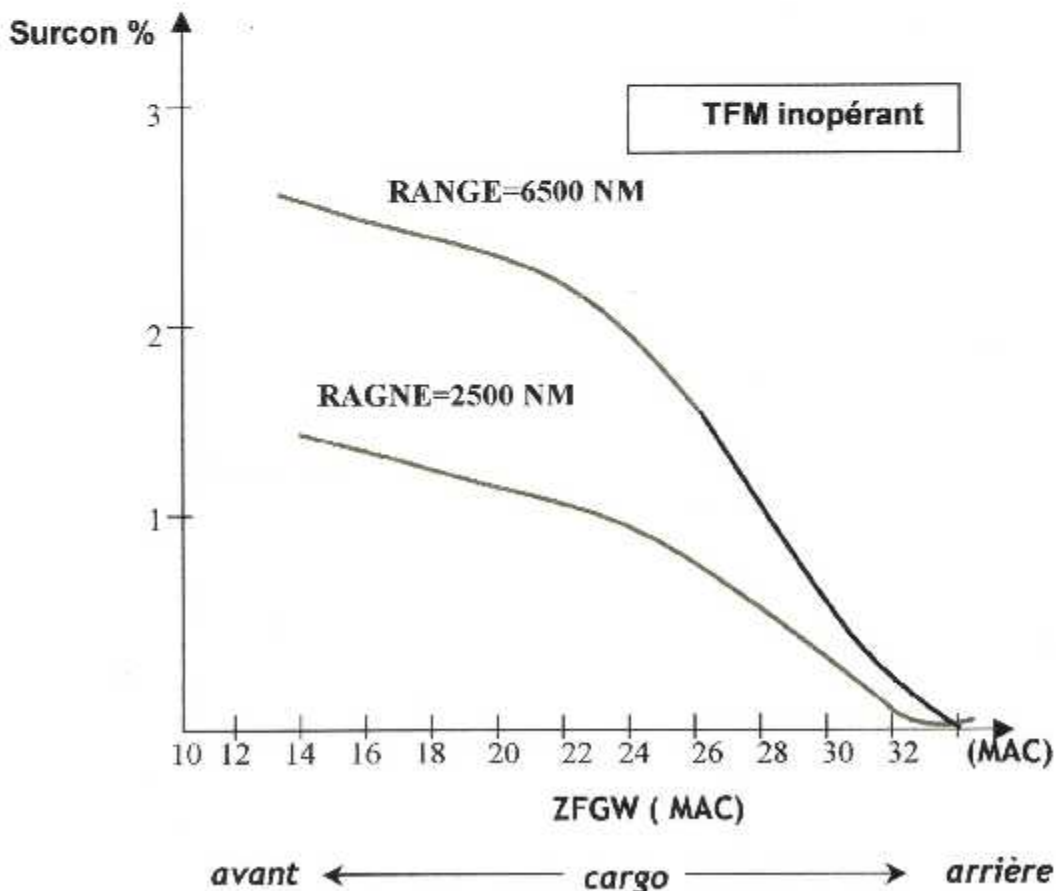
le transfert d'une quantité de carburant relativement petite à la queue de l'avion, prévoit un GG plus arrière et réduit proportionnellement la traînée, la poussée et la consommation carburant.

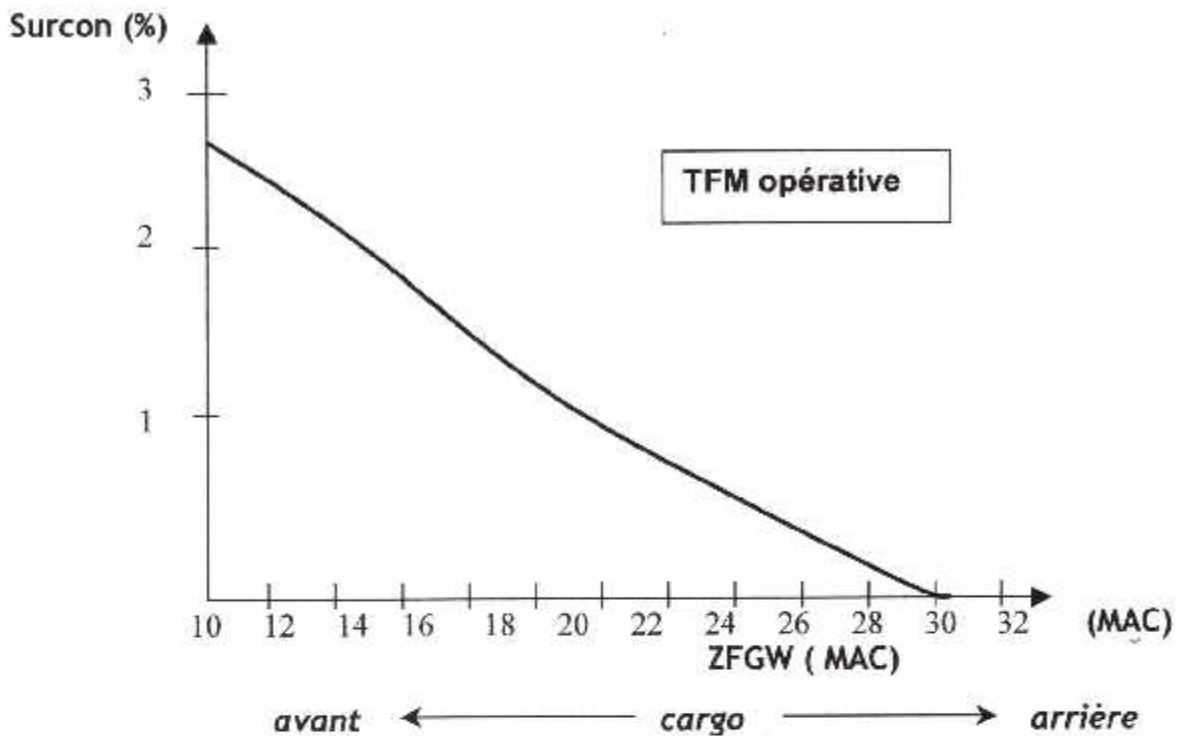
Le chargement de l'avion est important pour l'économie fuel, car la configuration et le chargement de l'avion (passager, bagage, fret) déterminent l'endroit du centre de gravité de l'avion sans carburant (ZFWCG) qui est prioritaire pour le chargement de carburant.

Le TFM (tail fuel management) utilise La position de (ZFWCG) pour déplacer le CG de l'avion a la position optimal pendant la montée et la croisière.

Le positionnement de ZFWCG à l'extrême avant, malgré le fonctionnement de TFM, la consommation fuel augmente.

Le transfert de carburant de la queue seul, ne peut pas compenser entièrement le cas d'un CG extrême arrière, donc il est toujours prudent d'équilibrer le poids correctement pendant le procédé de chargement.





Le transfert de carburant de la queue seul, ne peut pas compenser entièrement le cas d'un CG extrême arrière, donc il est toujours prudent d'équilibrer le poids correctement pendant le procédé de chargement.

il peut y avoir des occasions, où le TFM n'est pas disponible et une alerte de FWD de carburant de queue apparaissent.

Donc le carburant de queue se transfère en avant, et le FMS calcule automatiquement les nouvelles projections de carburant pour le reste de vol.

Les vols expédiés sans TFM doivent planifier le vol pour une consommation additionnelle.

Remarque :

Avant la mise en route des réacteurs, l'équipage doit régler le trim de profondeur à partir du centrage au décollage indiqué sur la feuille de centrage.

une erreur dans l'établissement de cette feuille peut conduire à un mauvais réglage du stabilisateur susceptible de provoquer des difficultés de cabrage à la vitesse de rotation (V_r).

Il est donc souhaitable d'établir une procédure de répartition des passages et de fret qui nous permettent d'avoir un centrage plus arrière possible.

Soit par exemple de commencer par attribuer les sièges arrière aux début de l'embarquement et remplir les soutes arrière avant de passer aux soutes d'avant, tout en veillant à respecter l'enveloppe de centrage.

III. Le changement de C.G avec la réduction de la masse :

La quantité de carburant économiser prévue par la réduction de poids pourrait être sensiblement affecté par le changement de la position de C.G associé à cette réduction.

• La réduction de poids n'affecte pas CG de base ou le CG de la masse sans carburant ou de décollage.

Le changement final pourrait apparaître dans le CG particulièrement si l'opérateur essaye de réaliser un chargement arrière.

Ce pendant, nous avons comparer l'effets de l'enlèvement de poids de l'extrême avant (nez), mi-aile (mid – wing) et la position extrême arrière (tail)

Le gain de carburant obtenue pour une réduction de masse de 1000 LB par l'effet de variation de CG.

Exemple : B727, B737 :

Model	% fuel saving par 1000 pounds Weight reduction		
	Nose	Mid-wing	Tail
727	0,65	0,47	0,35
737	1,25	1,00	0,75

L'effet de CG changera proportionnellement par le changement de la masse.

IV.4 L'utilisation restreinte de l'APU

I. Définition de l'APU :

L'APU est un turbo moteur logé dans le cône de queue de l'avion (APU compartiment) Il est destiné à fournir du courant électrique ainsi que de l'air sous pression pour l'alimentation du système pneumatique (conditionnement d'air) et pour le démarrage des moteurs.

- L'énergie électrique est prélevée de deux alternateurs entraînés par l'énergie mécanique de l'APU.
- L'énergie pneumatique est prélevée entre compresseur BP et HP.
- Pour le démarrage des réacteurs et le conditionnement d'air, afin de ne pas affecter les performance moteur au décollage, on utilise l'APU à la place du prélèvement d'air réacteur.

II- Consommation APU :

Le démarrage des réacteurs est possible jusqu'à une altitude de 4572 m (15000ft), pour des basses altitude et un nombre de Mach 0.80.

L'APU s'avère très importante en vol ,elle présente un rendement technique de 45% pour une consommation de 0,65 Kg / Kw h.

Ce pendant, l'APU est généralement utilisé au sol pour un rendement de 15% avec une consommation moindre de 0,5 Kg /Kw h.

Exemple : L'A310-203, consomme :

- au sol 185Kg/h (408LB/h) .
- en vol : - 65Kg/h à l'altitude 30000ft (300FL).
- 61Kg/h à l'altitude 35000 (350FL).

Donc, il faut déterminer la part de la consommation carburant de l'APU dans la consommation totale.

Le tableau suivant montre la consommation carburant pour une heure d'utilisation de l'APU :

Tableau 1 :

MODEL	Sans charge	Charge électrique et pneumatique (pounds/heure)
B727	150	300
B737	150	250

Le seul service au sol maintenant c'est l'APU, qui fournit le coût effective pour le moteur juste avant le départ, pour cela, il est temps ou il faut cessés d'utiliser l'APU pour produire le courant électrique et l'air conditionné et le dégivrage.

II.1 Le courant électrique :

Le tableau ci-dessous montre l'avantage de coût d'un système de courant fixe (fixe power système).

Tableau 2 :

La puissance électrique nécessaire (KWh)	APU	GPU Diesel)	Le courant électrique Commerciale(fixed power system)
10KWh	26.6 gals	1.9 gals	11.7 KWh
40KWh	44.6 gals	4.9 gals	42.2 KWh

Ces systèmes peuvent fournir tout le courant électrique qu'un avion exige à une petite fraction du coût produit par l'APU ou GPG.

A 100 gallons, le coût de fuel pour l'APU est de 26.60 \$/h, pour le GPU est de 1.90 \$/h , par contre le fixed power système est de 0.60 \$/h, a un prix de 0.05\$/KWH.

Les taux commerciaux de courant électrique sont plus stables que les prix de carburéacteur.

II.2 Le Conditionnement d'air :

Les solutions de recharge disponibles à la climatisation cabine sans APU sont :

- Fournir l'air pré-conditionné par un climatiseur l'électrique ou diesel.
- Fournir l'air pneumatique d'une commande électrique ou de diesel , conduite de compresseur et abord des groupes.
- On a exécuter **un teste** qui a eu un **grand succès**, car on peut **éviter** approximativement **31 heures d'utilisation d'APU jour et nuit sur 31 départ par jour**, où on a réaliser une économie de carburant qui approche de **1200 gallons / jours**.
- La méthode la plus prometteuse pour la climatisation cabine peut se faire par l'utilisation d'un système pneumatique a commande électrique puisque ce système peut exécuter la 3^{eme} fonction de l'APU ou le démarrage de moteur.
- Il est possible d'utiliser l'APU pour le démarrage des moteur si l'air pré - conditionné est sélectionné

IV.5 La Mise en marche des moteurs

I. Introduction :

L'évolution des prix de carburant ont forcés les compagnies aérienne d'examiner chaque aspect de ces opérations pour une économie de carburant carburant efficace.

En générale les technique de conservation carburant sont réalisés pendant le vol, la maintenance, et les opérations au sol, une facette des opérations aux sol qui reçoit plus d'attention est le roulage avec un ou plus d'un moteur coupée.

III. La mise en marche des moteurs :

Les constructeurs recommandent les exploitants de leurs avions de mettre en marche les moteurs à la dernière minute a prés le pushback, et elle devrait toujours être retardée jusqu'à ce que l'embarquement des passagers soit accompli, dans la mesure de possible, des retards de départ, problème d'ATC, qui devraient être absorbée dans les airs désignés avec un moteur en arrêt.

Une quantité significative peut être économiser en réduisent l'utilisation des moteurs (et de l'APU aussi) au sol, comme le montre le tableau suivant :

Tableau 1 :

MODEL	AIRPLANE TAXI / IDLE (POINDS /MN)	ENGINE – IDLE POUNDS / MN
707	80	1200
727	60	1200
737	40	1200
747	120	1800

III.1. Break way Thrust:

Quand un moteur sera coupé, la poussé total d'avion sera par conséquent réduite (poussé ralenti) .

Break way Thrust (la poussé qu'il faut avoir pour le déplacement initial de l'avion), sera plus élevée si tous les moteurs sont en marches.

Ceci aura comme conséquence, l'augmentation de la vitesse et la température de sillage, et augmente le potentiel des dommages due au sillage d'échappement, pour ce dernière la conscience de l'environnement est nécessaire.

Des études ont montré qu'il y'a une petite différence dans la consommation carburant due a l'augmentation de la poussée (Break away), a cause d'avion moins de moteur en fonctionnement.

II.2 L'utilisation de l'APU :

Exemple pour B 727 :

Sachant que l'APU est utilisé pour générer l'énergie électrique et pneumatique pour le démarrage de l'avion, elle devrait être une fois que tous les moteurs seront démarrés, la question qui se pose est :

qu'elle est la quantité supplémentaire de carburant consommé par l'APU comparée a celle consommé en roulant avec un moteur en régime ralenti ?

Par exemple B 727, l'APU consomme 300 LB/ H approximativement ou 5 LB /mn.

Pendant le roulage, B 727, consomme 3600 pounds / heure, qui est 60 pounds / mn, avec une distance de roulage de 15000 ft et une vitesse moyenne de 10 KT, obtenue pour un temps moyen de roulage de 18 à 20 mn approximativement.

Dans ce cas en aura :

B727	Tous les moteurs en marche	02 moteurs en marche
carburant du roulage	1200 pounds	800 pounds

Pour une masse avion total léger.

Mais inutilement l'APU doit démarré le 3^{eme} moteur pendant le roulage, A 5 pounds par minute, Pour 20 mn,

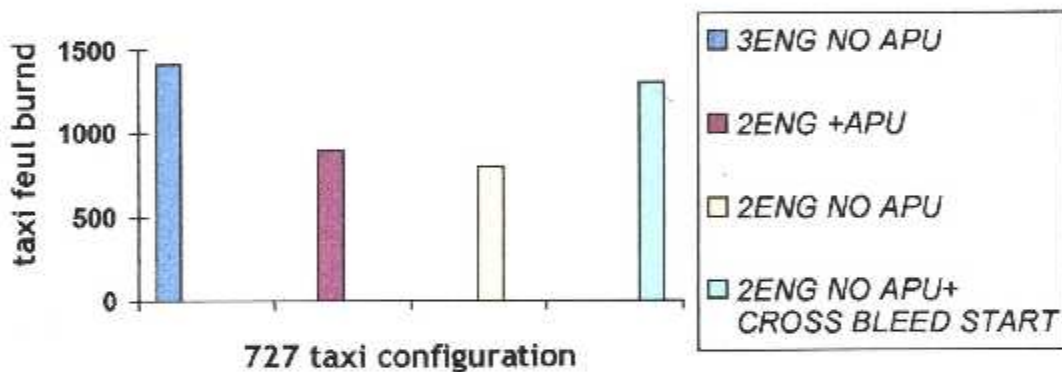
l'APU consommera un supplément de 100 pounds, qui s'ajout au carburant pour le roulage ce qui donne un total fuel de 900 pounds approximativement.

Si l'APU est coupée, il est prioritaire de démarrée avec les moteurs restant.

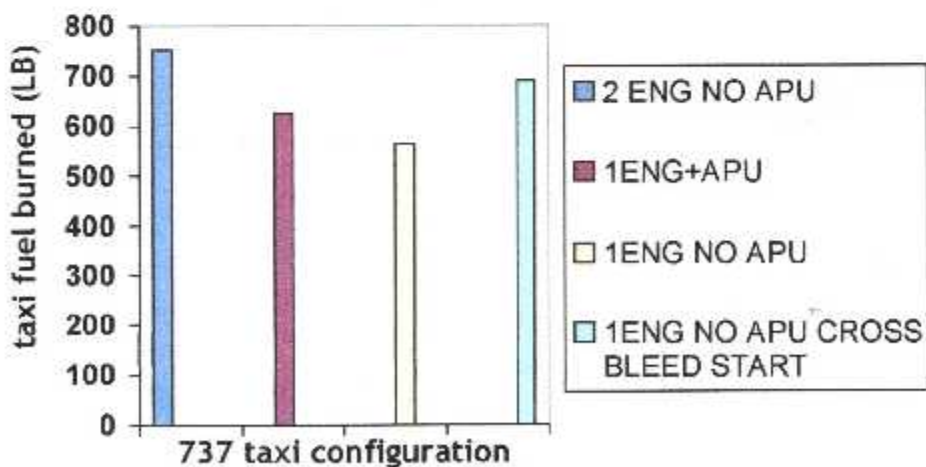
Une B 727, exige une conduite de prélèvement d'air de 30 à 48 PST pour le démarrage, ça représente un débit fuel de 3400 à 5900 pounds par heur approximativement.

Si le démarrage des réacteurs prend 3 mn pour qu'il soit accompli, et exige une moyenne de 40 PSI de pression de conduite approximativement 240 pounds de fuel peut être consommé ou de 140 de plus qu'il est nécessaire pour opérer l'APU dan une grande distance de roulage

caracteristique de consommation carburant au roulage (B727)



caracteristique de consommation carburant au roulage (737)



IV-6- Choix de la piste au départ

Quand c'est possible, sur un aérodrome où l'on a le choix de la piste au décollage, il est toujours recommandé de demander la piste au décollage la plus proche pour pouvoir économiser quelques minutes et mètres en temps et distance de roulage du parking jusqu'au point de lâcher des freins, ça entraînera un gain appréciable.

Ainsi, les différents cas de décollage possibles dépendant de la variable vent peuvent être étudiés cas par cas.

On peut en déduire des procédures qu'il faut appliquer, qui seront publiées au manuel d'exploitation pour les différents aérodromes fréquents.

C'est alors au commandant de bord de demander ou communiquer son desiderata au contrôleur de la tour.

Le choix de la piste au décollage, permet aussi de faire un choix de taxiway (le cheminement jusqu'au point de lâcher des reins est aussi important).

IV.7 Pénalisation dues au changement de niveau par rapport à l'optimal

I. Définition de l'altitude optimale :

L'altitude pression donner a une masse et vitesse de croisière programmée pour la qu'elle le rayon d'action est optimal (maximale)

Il on a plusieurs termes qui contour cette altitude optimale on a :

- Poussée maximale de croisière ;
- 1,5 g manoeuver margin ;
- Consommation horaire minimale;
- step climb altitude;

On doit d'abord discuté sur la sélection de l'altitude de croisière

II. La sélection d'altitude de croisière :

Pour le choix d'altitude ou de niveau de vol, il y'a plusieurs obligation a respecter qui ne sont pas reliés aux capacités de l'avion, tel que le niveau de vol que nous assignes le service d'ATC, suite au problème de circulation.

Dans la sélection la première considération a prendre est de voler a une altitude ou une série d'altitudes, où consommation carburant est minimale, pour réaliser un meilleur rayon d'action.

Donc on préfère toujours voler a l'altitude optimale, mais cela n'est pas possible a cause des problèmes d'ATC.

Dans la Fig.1, ont voit que le rayon d'action s'améliore avec l'altitude jusqu'à une valeur maximale (qui nous donne l'altitude optimale) et au-dessus de cette valeur le rayon d'action diminue. donc le niveau de vol en croisière doit être choisi aussi proche que possible a l'altitude optimale.

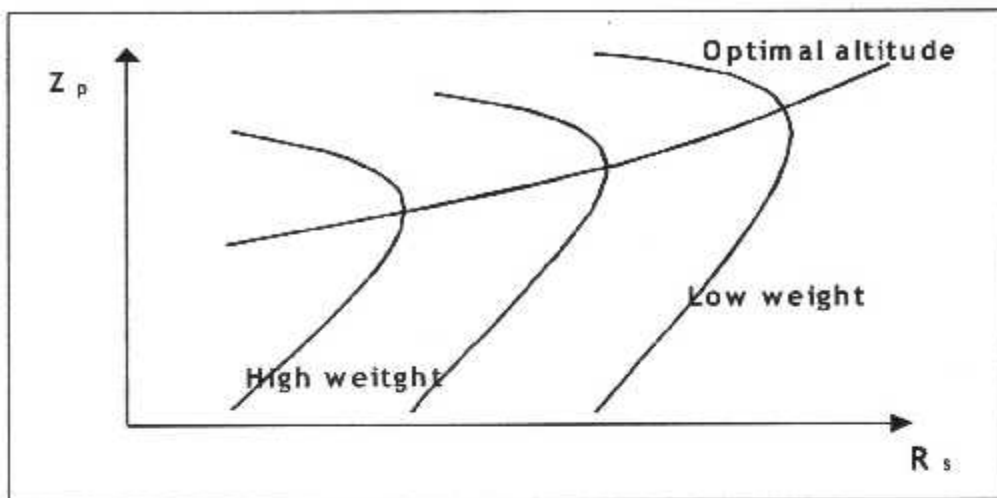


Figure.1 : altitude de vol optimal

La sélection de niveau de vol peut aussi être limitée par le plafond de sustentation ou la limite de manœuvre, plusieurs compagnies imposent des altitudes tel que le facteur de charge $n_{Max} \geq 1.3$ pour avoir un domaine opérationnel plus grand.

Et aussi par le plafond de propulsion, pour éviter le phénomène d'accrochage, l'ors que lorsque le Mach augmente, la poussée nécessaire augmente, et par conséquent pour maintenir le vol en palier la poussée moteur devra être augmentée sans toutes fois dépasser la poussée maxi croisière.

II.1. La limite de poussée maxi croisière (maximum cruise thrust limite):

Pour chaque moteur est définie un régime maxi- croisière à ne pas dépasser, cela est fonction de la température maxi turbine.

- Lorsque la température extérieur augmente, la poussée acquise à la température limite diminuera.
- Lorsque le nombre de mach augmente, la poussée nécessaire T_n augmente, est pour maintenir le vol en palier la poussée moteur devra être augmenté sans dépasser la poussée maxi-croisière.

II.2. L'altitude d'accrochage :

L'altitude d'accrochage est l'altitude maximale que peut atteindre un avion de masse donnée s'il veut maintenir un nombre de mach maximale qui correspond au régime maxi- croisière.

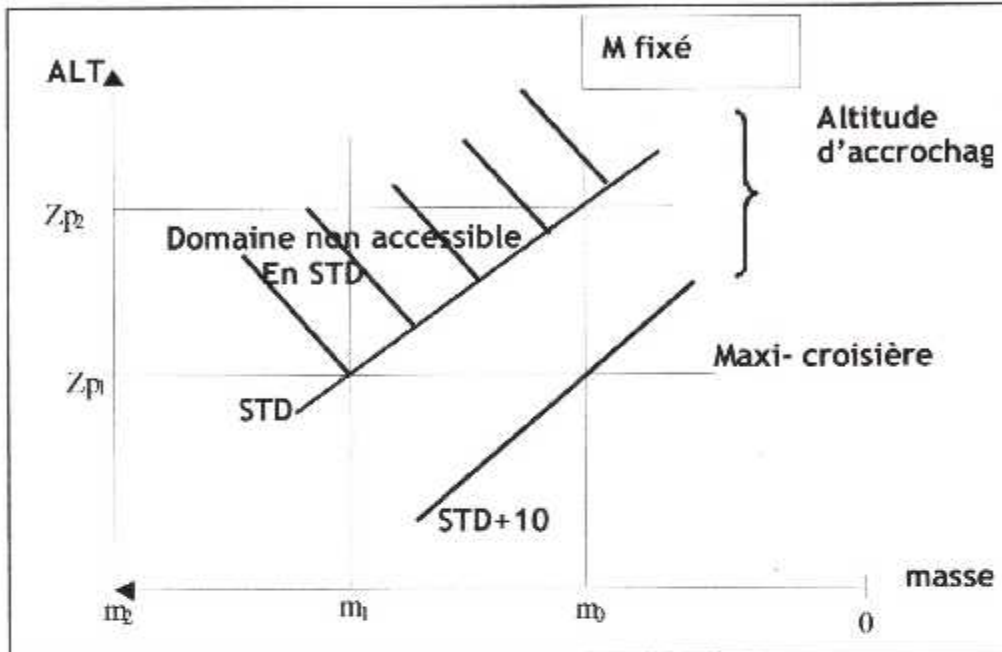


Fig .2 :L'altitude d'accrochage

Remarque : Lorsqu'il a panne moteur l'altitude d'accrochage est définie à partir du régime d'urgence maxi-continue.

II-3. La limite de manœuvre en croisière :

Le domaine de sustentation :

$$\text{l'équation de sustentation : } mg = \frac{\gamma}{2} S * P_s * C_z * M^2$$

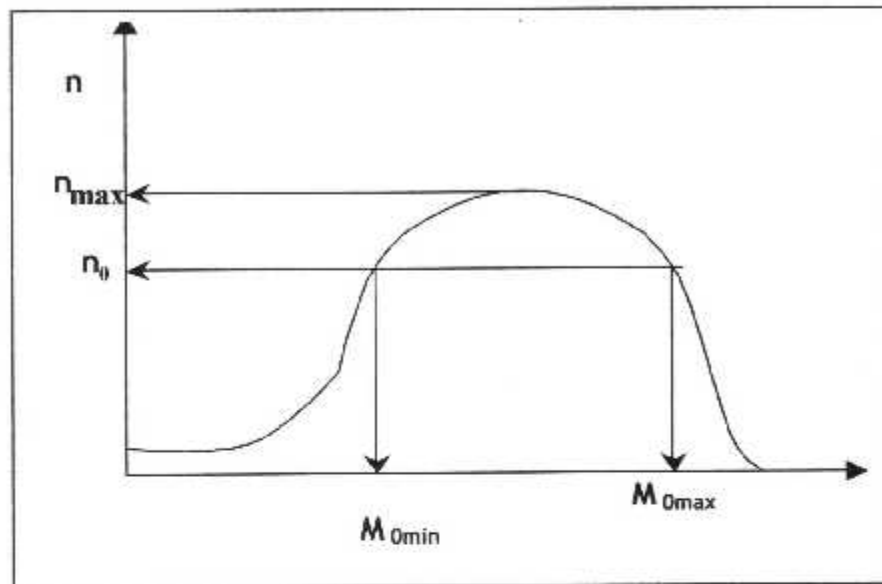


Fig.3 : Facteur de charge

Pour un facteur de charge n_0 , il existe un domaine d'utilisation qui diminue lorsque le facteur de charge (n) augmente.

A altitude donnée Z_p , il existe un facteur de charge maximum admissible (n_{MAX}).

III. Pénalisation due au changement de niveau de vol optimal :

Il est clair que en volant au-dessus ou au-dessous de l'optimum le rayon d'action diminue.

Le tableau suivant nous montre approximativement les pénalités dues au changement de niveau de vol par rapport à l'optimum.

Modèle typique	Pénalité sur le rayon d'action	
	LRC	Mach : Cte
2000 Ft above altitude optimale	1	2
2000 Ft Below	0	0
4000 Ft	1	2
8000 Ft	2	4
12000 Ft	8	12
	15	22

D'après ce tableau on peut représenté ses pénalités en pourcentage sur le rayon d'action et le mach constant en fonction de l'altitude relative a l'optimale, dans la figure ci-dessous.

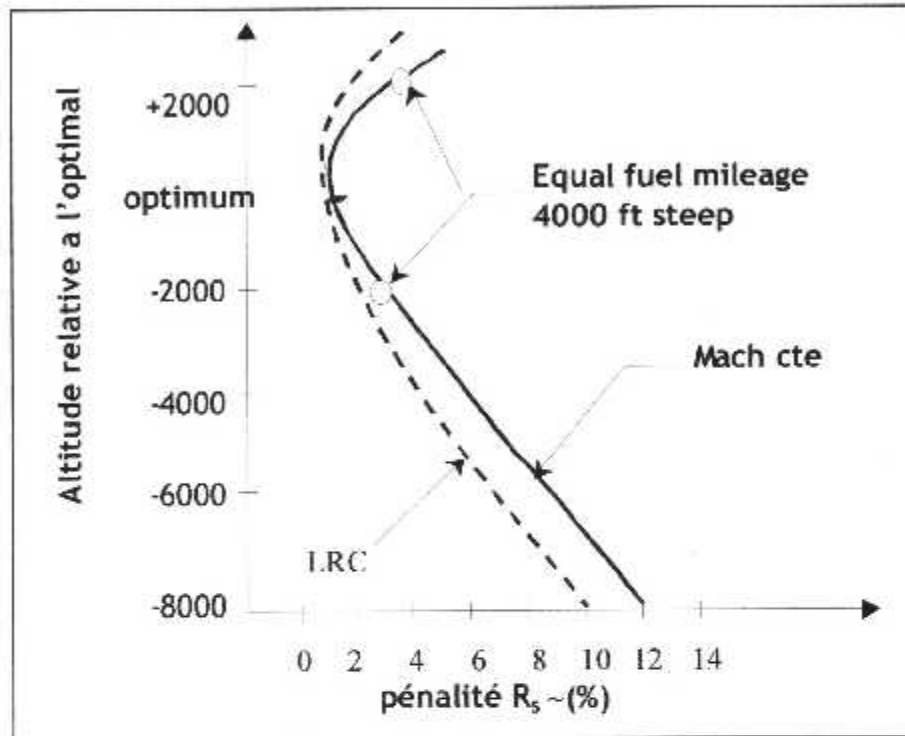


Fig.4 : pénalités sur le rayon d'action pour le mach constant LRC

L'altitude optimal augmente par 1000 Ft / H (500 NM) approximativement à cause de la diminution de masse pendant le vol (consommation carburant) .

Donc on doit concevoir une technique qui nous permet de rester dans la marge optimale.

IV- Profil de vol optimal :

Concéderont la séparation entre les niveau de vol 4000 Ft , l'altitude initiale en croisière doit être choisis entre 1000 et 2000 Ft au dessus de l'optimale.

Il est préférable de commencer la croisière d'un point situer entre l'altitude maximale et l'altitude optimal, jusqu'à 2000 Ft au dessous de l'optimale, et en suite on monte a 2000 Ft au dessus de l'optimum.

Cette procédure continues en croisière crée un palier en escale, ainsi on aura un profil de vol en croisière(figure : 5) qui compris les 3 éléments suivants :

- L'altitude optimale
- L'altitude maximale
- La masse en palier pour chaque altitude données.

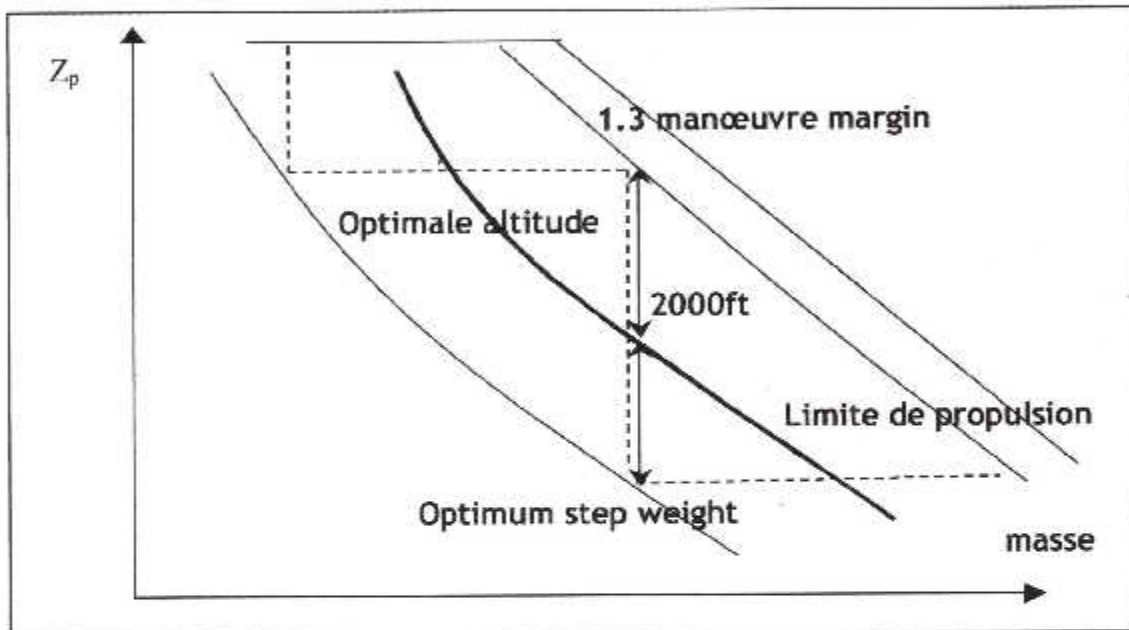


Fig .5 : Profil du vol

Le rayon d'action est fonction seulement de la vitesse vraie et la consommation de carburant, donc il n'est pas reliés directement a la poussé ou la limite de manœuvre . Mais l'altitude correspondante a la poussé maximale est limité par le plafond de propulsion qu'on doit le contrôlé.

Aussi on doit être contrôlée la limite de manœuvre pour évité le Buffeting (l'apparitions des vibration qui anticipe le décrochage).

IV.8 Pénalisation due aux déviations par rapport au mach optimal

I. VITESSE DE CROISIERE OPTIMALE :

Pour un CI choisie, qui donne un régime de croisière à vitesse économique « ECON SPEED », cette vitesse donne un coût d'exploitation minimal.

comme montre la figure ci-dessous , pour une altitude donner (33000ft) , le mach économique de croisière (ECON MACH) Augmente avec l'augmentation du CI.

Il est bien clair que la vitesse donner pour un CI nul (CI =0) est la vitesse de rayon d'action maximal ou MMR (mach maxi range),

cette vitesse est utiliser par le MFS comme vitesse minimale de croisière, en volant à des vitesses autre que 'ECON SPEED' calculer fait augmenter le coût d'exploitation

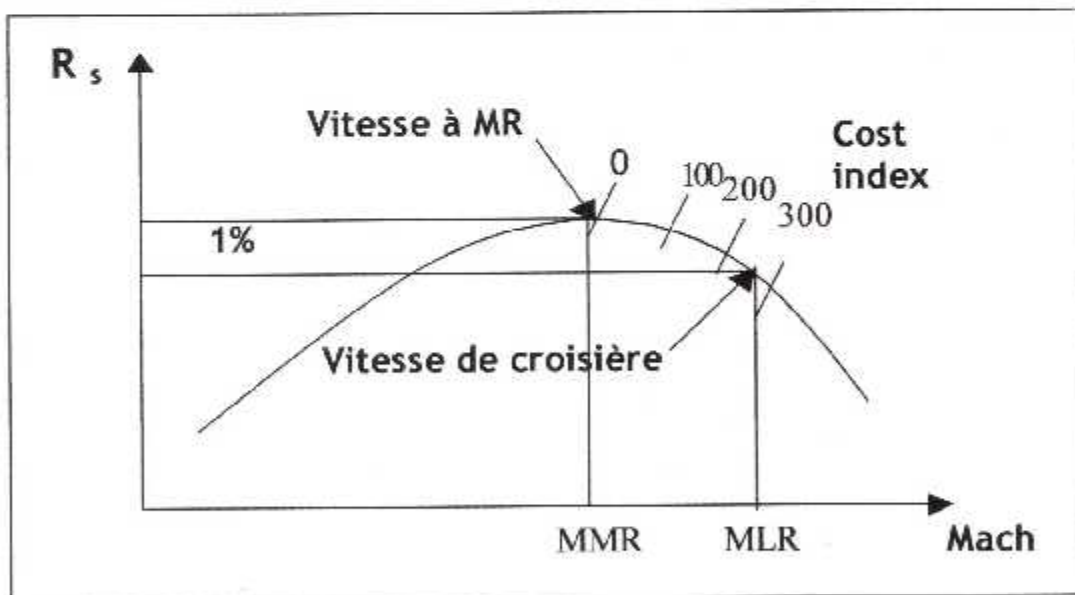


Fig .1 : L'influence du cost index sur la vitesse de croisière

III. La sélection de la vitesse de croisière :

plusieurs compagnies choisissent le mach constant pendant la croisière en se basant sur les coûts d'exploitation.

pour ces compagnies le coût carburant peut être réduit substantiellement en vol à une vitesse faible de croisière, ou vitesse PRM.

Pour une économie carburant optimale, on doit voler à vitesse LR en croisière, qui varie avec la masse et l'altitude.

Pour simplifier, la seule vitesse d'économie carburant normalement adoptée est celle qui est proche de MLR au près de l'altitude optimale.

Mais, si le niveau de vol en croisière est significativement au dessous de l'altitude optimale, l'utilisation de cette vitesse simplifier consommera de carburant plus qu'à la vitesse MLR.

en générale, la vitesse de croisière choisie pour l'économie carburant devrait être réduite de 0.2 à 0.4Mach en volant de 4000 à 6000 ft au-dessous de l'altitude optimale.

cette réduction de vitesse permet d'économiser 1.5 à 3.5 % de carburant de l'étape (délestage).

Pour cela Boeing recommande que, en volant au-dessous de l'altitude optimale, on doit adopter le régime LRC.

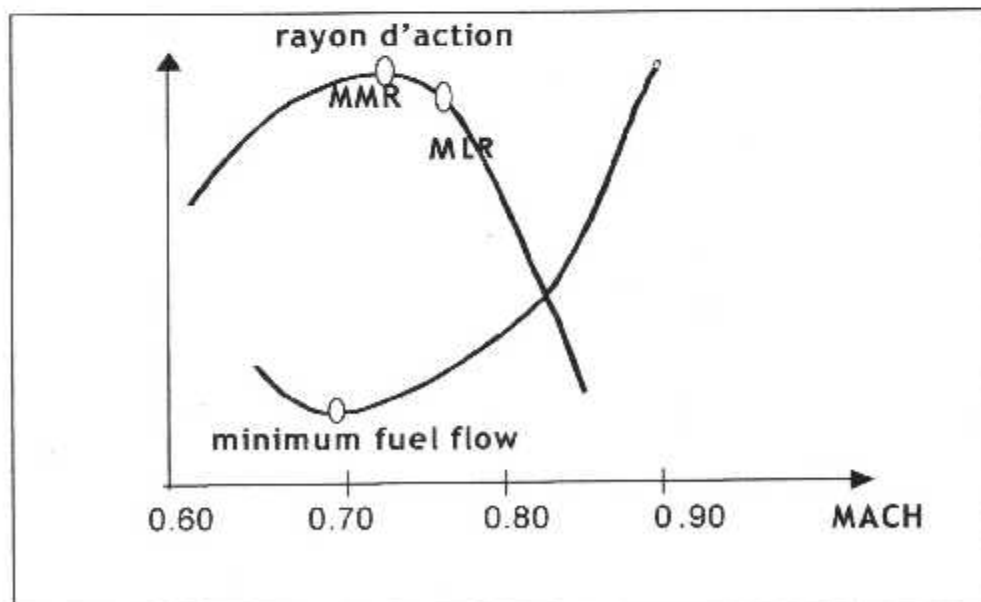


Figure .2: l'effet de la vitesse sur le rayon d'action et le débit carburant

Dans les années passer les compagnies aériennes exploitent leurs avions a des vitesses rapide, comme 0.84 pour B707 et 0.76 à 0.78 mach pour B737.

Aujourd'hui on programme des vitesses de croisière réduite car l'économie carburant deviennent plus importante. donc on utilise le mach 0.80à0.81 pour B707, 0.79 à 0.80 pour B727et 0.72 à 0.74 pour B737

AIR ALGERIE adopte son mach de croisière économique tel que :

B727 : 0.80M B737-200 : 0.74M, 0.78 M B737-800 : 0.78M
 B767 : 0.80M A310 : 0.80M

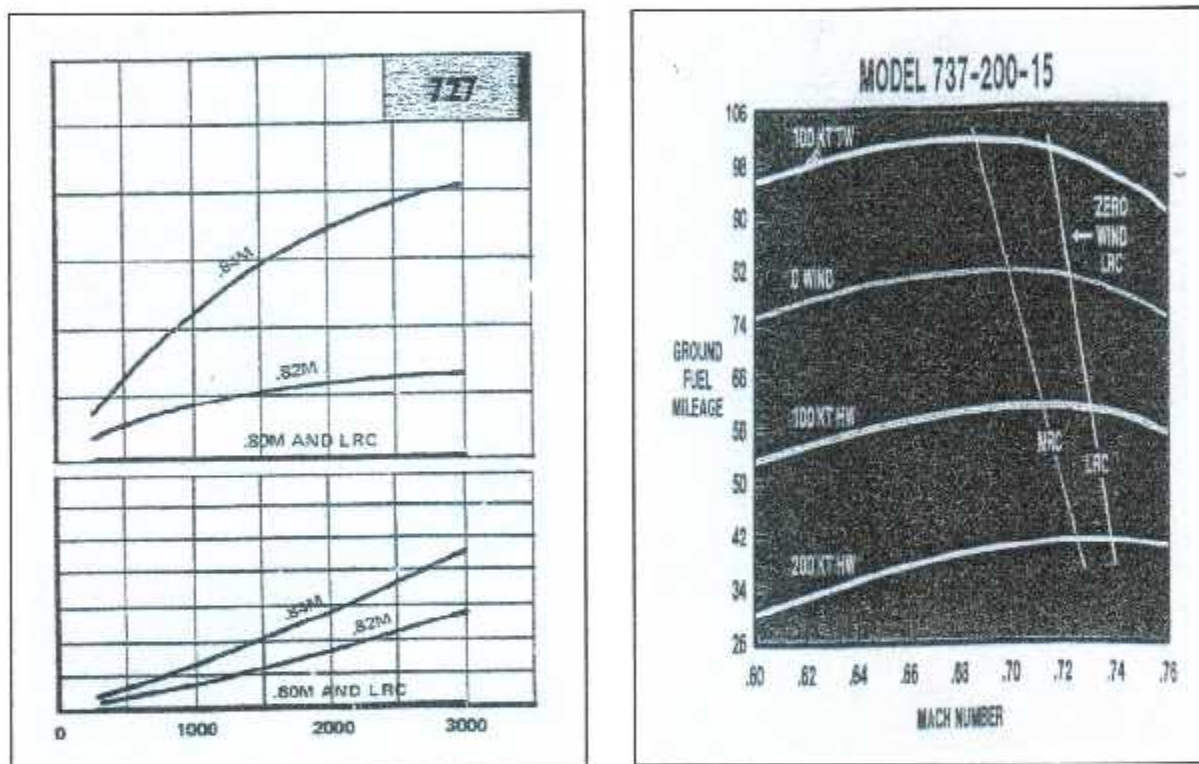


Fig-3 : L'effet de la vitesse sur le coût de carburant et le coût de temps en croisière

La fig-1 montre la surconsommation en pourcentage en utilisant le nombre de Mach constant à la place du MLR, pour un avion B727 et B737. La quantité de carburant de croisière devrait être minimisée en vol à la vitesse MMR Pour une masse et une altitude donnée.

IV.9 Pénalisation Due Aux Erreurs Instrumentales

I. Introduction :

certaines cause de détérioration de performance sont surtout d'origine instrumentale.

Le calibrage des instruments est un contribuant significatif aux bonnes performances d'avion

II. les considérations d'instrumentation :

le nombre de mach, la vitesse vraie, l'altitude, la température totale, la température statique, la masse totale, le centre de gravité, et le débit carburant sont les paramètres qui jouent un rôle important dans l'établissement d'un niveau plus performant.

Le niveau de performance est représenté par le rayon d'action spécifique ou le rayon d'action constant

Si l'indicateur de vitesse(l'anémomètre) est hors de calibrage de 0,01mach, il peut donner lieu a une surconsommation de 2 à 3% de délestage

les erreurs sur le nombre de Mach sont par fois corrélés avec les informations qui ont servi a son élaboration : pression totale, pression statique, angle d'attaque.

Donc une erreur quelconque sur ces information entraîne une erreur sur le nombre de Mach, cette erreur entraîne une surconsommation de carburant.

La structure et les moteurs d'avion contribue a la déviation de performance par rapport a un niveau spécifique , ce niveau exige des paramètres spécifiques du moteur comme l'EPR, N1et le débit carburant.

Il est donc important d'avoir des programmes d'entretien qui incluent le calibrage périodique d'instruments, et le contrôle régulier des erreurs instrumentales et surtout le Machmètre.

Erreurs instrumentales :

Exemple sur deux type d'avion B737 et B767

Avion	Thème	description	Distance parcourue moyenne	Gal/an
B767	Anémomètre/ machmètre	Erreur de (-1%)	500NM	19790
			1000NM	35050
			2000NM	52060
	Masse avion	Erreur de +500 pounds	—	5300
B737	Anémomètre/ machmètre	Erreur de (-1%)	—	23645
	Masse avion	Erreur de +100 pounds	—	1946

IV-10. Optimisation d'utilisation du Système Anti - givrage

1. Introduction:

L'établissement du givrage sur une cellule d'avion est provoqué par la présence de gouttes d'eau en surfusion dans les nuages, les température le favorisant étant comprises entre (0°C et -15 °) , selon la grosseur des gouttes d'eau, la température et la nature des surfaces de l'avion.

la couche est plus ou moins épaisse et déforme les différents profile .

Effets du givrage :

- Traînée supplémentaire parfois puissante.
- Augmentation du poids de l'avion.
- Déformation des profils.
- Augmentation de la vitesse de décrochage.
- Givrage du Pitot rendant l'anémomètre hors services.
- Rupture de parties saillantes telles que les antennes.
- Givrage des nacelles et les ailettes entraînant des pertes de puissance ou même l'arrêt.
- Opacification totale des pare – brises.
- Blocage des commandes dans les cas particulièrement violents.

3-Utilisation de l'antigivrant :

- a. **au sol** : l'antigivrant doit être utilisée si la température extérieure et inférieur à 6°C et que la présence d'humidité visible est constatée, ou que la différence entre le point de rosée et la température extérieur et inférieur ou égale à 3°C.

- b. **En vol** :L'antigivrant doit être utilisé si la température totale est inférieure à 6°C et que des traces d'humidité visible sont constatées, la glace apparaît aussi sur les essuies glace ou les coins de pare – brise. Comme montre le tableau suivant :

	Utilisation de l'angine anti – ice
Au sol	$T_s < 6^\circ \text{ c}$ et $T_s - T_d < 3^\circ \text{ c}$ ou présence d'humidité visible
En vol	$T_s < 6^\circ \text{ c}$ et traces d'humidité ou glace sur essuie – glace

3-La quantités consommées par le système :

En prend par exemple d'avion A 300 – 600 .

a- En croisière :

10 mm d'anti-givrage, moteur consommera 40 Kg (90 Lb) qui est équivalent à 47FF.

10 mm d'anti-givrage (moteur – ail),consommera 50 Kg (110 Lb) qui équivalent à 58 FF.

b- En montée :

10 mm d'anti-givrage, moteur consommera 90 kg (200Lb) qui équivalent à 105 FF(franc français).

10 mm d'anti-givrage(moteur, ail), consommera 150Kg (330Lb) qui équivalent à173FF.

D'où l'utilisation de l'air de soutirage pour l'anti-givrage et de dégivrage doit être limité juste pour le temps nécessaire ainsi, on peut éviter le givrage en connaissant les conditions de formation de givrage, par exemple en :

- Connaissant l'isothermes zéro.
- Connaissant les nuages.
- Changement d'altitude .
- Prévoir le chauffage du Pitot avant que le givre ne se forme.
- Maintenir des surfaces propres.

IV-11. Entretien et amélioration technique sur l'avion

Les nombreux travaux réalisés dans ce domaine apportent des gains notables en matière de consommation carburant .

I. Pénalisation de traînées parasites :

Traînées parasites : elles incluent la traînée due par la pression ou à la forme aérodynamique de l'avion, la traînée due au frottement superficiel et la traînée produite à cause de l'écoulement d'air sur l'avion (les ailes, les empennage, ...etc.) .

- La traînée parasite augmente approximativement du carré de la vitesse.
- Les surfaces aérodynamiques lisses permettent à l'avion de voler avec moins de traînée .
- La traînée impose une pénalité opérationnelle très importante car on doit la compenser en consommant plus de carburant, donc avec un surcoût, et dans certains cas ça réduit la charge offerte, comme montre le tableau suivant:

Tableau 1 :

Model	Fuel penalties for 1% Drag U.S Gallons / year
727	30.000 – 40.000
737	15.000 – 25.000
767	30.000 – 40.000

- Pendant la conception et la fabrication des structures aérodynamiques du fuselage, l'aile et l'empennage, ils sont conçus de façon à minimiser la traînée et maximiser la portance.
- La partie avant de ces structures sont des surfaces critiques pour la forme de l'avion(forme aérodynamique lisse).

- Et que les jointures des revêtements ne perturbe pas l'écoulement d'air, et que chaque protubérance, comme les pilonnes de vidange, ou les antennes auront des formes aérodynamique lisse.

II. Détérioration et dégradation de performance avion :

L'une des méthodes la plus effective pour minimiser le coût carburant est de prévenir des détérioration de performance d'avion excessive.

La maintenance a une responsabilité primaire car elle est responsable de l'état et des conditions de fonctionnement mécanique de l'avion et du moteur.

Le tableau suivant donne les consommations apporter au sujet des avion B727,737

airplane	737-200	727-200
Engines	JT8D-9	JT8D-9
OEW(LB)	63000	100000
Passengers(60%)	69	80
Pax weight(LB)	13800	16080
Reserve fuel(LB)	7500	14000
Time/trip(H)	2	4
Vitesse (M/KT)	.74/435	.82/472
cruise altitude(ft)	30000	35000
débit carburant (LB/H)	4800	8700
utilisation		
Heur/Jour	6	7
Heur/Ans	2190	2555
Craburant consommée /Ans (million GALL)	1569	3318

2.1. Dégradation cellule :

La détérioration de performance de l'avion en dégradation est définie comme la réduction des capacités et des performance d'avion pendant le temps, cette dégradation de performance est due au vieillissement de l'avion.

On a deux niveaux de performance : le niveau d'essai en vol et le niveau en service.

2.1.1. Le niveau d'essai en vol :

il est dérivé pendant l'essai en vol équipé et contrôlé, est utilisé pour l'information des performances de l'avion initiale. Donc une certaine quantité de détérioration est produite et ensuite détecté, et des ajustement doivent être faite pour refléter une expérience en service.

Ces nouvelles données des performances sont alors utilisés pour la préparation des vols (calculs carburant, temps de vol, ...etc).

2.1.1. Paramètres qui affect la détérioration des performances :

Les paramètres qui affect la détérioration des performances d'avion sont :

- Les surfaces male adaptées peut avoir comme conséquence une surconsommation carburant élevée, les parties avant et arrière des revêtements augmente la traînée.
- Les jointes endommages ou manquant peuvent avoir comme conséquence une perte de performance.
- Le cachetage faible autour des porte d'entrée principale, des portes cargo.
- Le vieillissement de l'avion qui se manifeste par des fuites de pression, un mauvais alignement des portes et capotage.
- Le mauvais alignement des éléments mobiles (volets), ou le mauvais réglage des gouvernes et le mauvais trim de l'avion.

2. 2. Dégradation moteur :

La durée de vie d'un moteur d'avion dépend étroitement de la manière dont il a été conduit.

Un moteur mal entretenu s'arrêtera définitivement bien avant d'avoir atteint le potentiel de temps qui lui est normalement alloué.

Tandis que le même type de moteur bien réglé, et bien entretenue même obtiendra sous difficulté une prolongation de son potentiel.

Les constructeurs des moteurs ont fait des recherches considérables sur la détérioration et les méthodes de contrôle de performance moteur, la détérioration performance moteur résulte dans les parties froide et chaude du compresseur.

Quelque fois cette détérioration est le résultat de l'augmentation de jeu entre l'extrémité des ailettes et le carter, et de la détérioration des profils, donc pour obtenir la même poussé, il faudra augmenté le débit carburant.

3. Action a entre prendre :

3.1. Réduction des traînées parasites :

Les traînées parasites sont dues à la détérioration de la cellule (aérodynamique) de l'avion.

A l'entretien, on doit surveiller :

- L'état de déformation des surfaces.
- Les ajustement défectueuse (becs, volets, portes, ets....)
- Le réglage des gouvernes et des trims.

Les pilotes doivent également, signaler toute anomalie même minime, constaté au cours du vol et à la visite prés-vol, en surveillant notamment la position des gouvernes et des trims en pilotage automatique.

3.2. La maintenance :

Plusieurs exploitants ont trouvés que la spécification d'une portion de la maintenance pour l'identification et la réparation de la traînée et ses cause d'apparition, peuvent être importante.

il peut avoir un impact bénéfique sur le coût d'exploitation total, :

- ◆ Ceci aide les exploitants dans la détermination des coûts de maintenance liés a la traînée parasite en discutant les déviations qu'on trouve sur les performances d'avion, et en discutant la maintenances approprié, qu'on doit faire pour réduire les surcoûts de maintenance.
- ◆ Des inspections détaillées et performer par Boeing on montré que l'erreur de stabilisation et détérioration de la cellule, augmente la traînée de 2%, ce qui augmentera la consommation réel.
- ◆ Avec les actions de maintenance corrective on peut réduire 80% de cette augmentation de consommation.

3.3 Entretien moteur :

Les constructeurs de moteurs ont fournis des programmes d'entretien et de contrôle de détérioration moteur.

La partie significative d'un programme successif pour réduire au minimum la détérioration des performances d'avion et celle d'identification de problème d'avion, ainsi que la surveillance en service de chaque avion.

On doit enregistrer les données en état stabilisé sans parallaxe, et sans erreur instrumentale en utilisant des systèmes automatiques d'enregistrement de nouvelle technologie tels que l' ACARS qui donne des résultat plus précis.

L'analyse de perte de performance est une fonction d'exactitude des donnés et d'activité d'entretien, et s'a doit être considéré comme une indication de tendance de performance, pas une mesure absolue du niveau des performance réel de l'avion.

4. 4. Suivre moteurs :

L'EGT est un paramètre fondamental dans le suivi mécanique des moteurs.

La dégradation de L'EGT conduit à prendre des mesures correctives, dans les parties chaudes, pour assurer la fiabilité des moteurs.

Cependant, il apparaît qu'un grand gain potentiel de consommation spécifique existe dans l'entretien des composants basse pression.

EXEMPLE :

Pour mieux voir l'efficacité du programme (APM) dans l'entretien et l'amélioration des performances avion en effectuant un suivi de performance :

Le travail consiste à évaluer les performances réelles d'un avion, d'après les relevés de consommation effectués pendant la croisière.

Les principaux paramètres qui sont pris en compte sont :

- le nombre de MACH (M) ;
- le niveau de vol (FL),
- la température extérieure (T)
- la masse totale de l'avion (GW).

Le programme APM (airplane performance monitoring program) calcule un coefficient correctif à appliquer à la consommation théorique pour obtenir la consommation réelle, ce coefficient est transmis automatiquement au programme qui calcule les plans de vols techniques.

Le tableau ci-dessous, résume les résultats obtenus des coefficients de dégradation de performance des avions Boeing B737-800 D'AIR ALGERIE , immatriculés : 7T-VJJ, 7T-VJK, 7T-VJ7T-VJK M, 7TV-JO, 7T-VJP.

Tableau 2 :

**COEFFICIENTS DE DEGRADATION DES
PERFORMANCE B737-800**

	%N1reqd	%thrust reqd	%fuel flow	%FM reqd	Nbre de points
7T-VJJ	0.27	1.2	0.1	-1.1	37
7T-VJK	0.58	2.6	0.2	-2.4	35
7T-VJM	0.37	1.7	-0.3	-1.2	28
7T-VJO	0.05	0.2	-0.2	0.0	27
7T-VJP	0.05	0.2	0.2	-0.4	37
Moyenne de flotte	0.26	1.2	0.0	-1.0	

Le programme APM sert à évaluer le taux de dégradation de performance d'une flotte, il pourra alors être exploité de manière efficace et donnera les résultats recherchés pour un meilleur suivi des performances avion.

Donc le suivi de performances des avion s'avère nécessaire pour une exploitation plus économique en consommation carburant et en temps de vol (Coûts d'exploitation).

Remarque :

Chaque Model indique qu'un avion recevant la maintenance normal, détériora à un taux d'approximativement 1% par 6000 heures de vol.

a. Lavage de l'aéronef avec ses produits spéciales :

La fuite des fluides et la poussière sur les surfaces extérieur d'un avion est la cause principal de la pollution de l'avion .

Le tableau ci- dessous montre la surconsommation associé à un avion contaminé ou polluer , on a prix plusieurs model d'avion boeing.

La pénalité est basé sur une distance parcourue pour une étape de référence, et un nombre de vol par an

model	Fuel burn penalty (LBS/an/aéronef)	Conditions de référence
B727	12567.56	2120 vols/an
B737	4353.22	2120 vols/an
B767	18699.93	590vols/an

V. Utilisation de la poussée réduite

I. Introduction :

Quand l'avion décolle à une masse inférieure à la masse maxi de décollage, on adapte la poussée à cette nouvelle masse, donc on utilise une poussée réduite, inférieure à la poussée nominale approuvée pour le type de moteur.

La mise en service des avions gros porteurs équipés des turboréacteurs, plus performants, a amené les exploitants à s'engager dans cette politique.

II. Détermination de la poussée réduite :

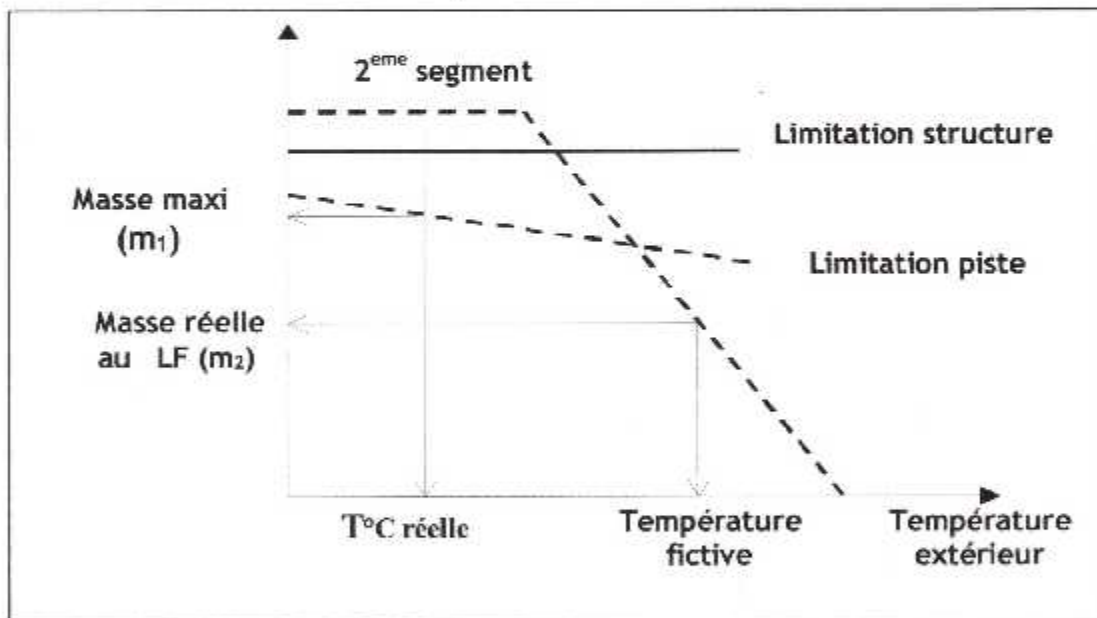


Fig .1 : détermination de la température fictive

Dans la figure (1) , on peut dire que :

- La masse maxi au lâcher des freins varie en fonction de la température, pour une piste à des conditions extérieures fixées.

- A une température extérieure réelle correspond une masse m_1 maximal, or que le décollage s'effectue a une masse $m_2 < m_1$
- la poussée à affiché sera déterminer à partir d'une température fictive tel que la masse maxi serait égale à m_2 , la température fictive doit rester, dans le domaine de vol certifié.

III. L'utilisation de la poussé réduite : X

Il est possible d'utiliser la poussée réduite si elle permet de respecter :

- ✗ Les marges des vitesses minimales associés au décollage .
- ✗ Les performances ascensionnelles exigées tout on long de la trajectoire réglementaire de décollage.
- ✗ La poussée affichée doit respecter au moins 75% de la poussée maximal de décollage dans les conditions ambiantes.
- ✗ Au cours de manoeuvre de décollage , il est possible d'afficher la pleine poussée (notamment en cas de panne moteurs), sans aucune difficulté de contrôlabilité de l'avion ou de temps de réponse des moteurs .
- ✗ Toutes les limitations au décollage doivent être respectées avec la poussée réduite.
- ✗ Un avion n'utilise la poussée maxi décollage que de façon occasionnelle. C'est pourquoi la réglementation impose à l'exploitant de vérifier que la poussée maximale de décollage est toujours disponible par la mise en place d'une procédure de contrôle périodique : par exemple, prévoir systématiquement le premier décollage de la semaine avec la pleine poussée pour s'assure que celle-ci ne s'est pas dégradés .

IV. Restriction d'utilisation :

L'utilisation de la poussée réduite est interdite dans les cas suivants :

- 1) Quand l'antiskid ou tout autre moyen de ralentissement, pris en compte pour la certification est indispensable, ou quand l'avion est dans une configuration particulière affectant ses performances.
- 2) Sur les piste mouillées, sauf s'il est tenu compte de l'augmentation des distance d'arrêt (**ASDA**).
- 3) Sur les piste contaminés.

V. L'effet de la poussée réduite sur la consommation carburant :

Dans l'intérêt de la réduction des coûts d'exploitation globales, les compagnies aériennes ont introduit le décollage et la montée à poussée réduite.

Mettre le moteur au régime ralenti pendant les phases critiques du vol, où la température de turbine est plus hauts, diminuera la température de fonctionnement de cette turbine, ce qui prolonge la durée de vie du moteur et réduit les coûts de maintenance lors des révisions moteurs.

Pour des considérations d'économie carburant, les bénéfices du moteur à poussée réduite lui correspond une augmentation de consommation carburant, qui est résultat du fonctionnement à un niveau de poussée plus bas.

En générale, cette politique est rentable et a également comme conséquence a long terme l'amélioration de la consommation spécifique réalisée en réduisant la détérioration moteur.

Donc une réduction de poussée initiale estimée de 6 % sur un B 737 et B 727 impose une augmentation de consommation carburant, et permette d'éviter que les températures des parties chaudes des réacteurs atteignent les valeurs critiques de fonctionnement, les premières degrés de réduction sont donc les plus bénéfique

Des analyses ont été performé en calculant le carburant nécessaire pour une montée avec et sans réduction de poussé jusqu'à un point commun dans la croisière a altitude, vitesse de montée et masse avion constants lorsque l'altitude de croisière est atteinte, tous les avions accélèrent a la vitesse de croisière long range (LR) comme montre la figure (1)

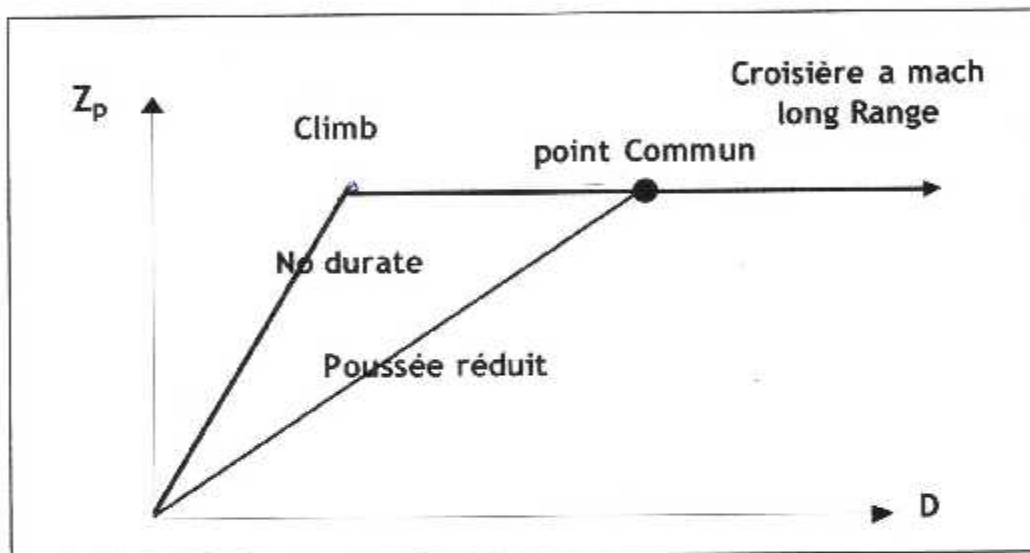


Fig1 : L'effet de la poussée réduite sur le profil de la montée typique

Le tableau ci dessous résume les résultat de l'étude pour les conditions standard (STD) et standard + 20°C (STD+20°C).

Tableau 1 :

Avion	Surconsommation carburant SDT~(Lbs)	surconsommation carburant STD + 20°C ~ (Lbs)
B 747	50 – 60	175 – 200
B 737	20 – 30	50 – 60
B 727	20 – 30	80 – 100

Ces incréments de carburant reflètent la surconsommation associée à la montée d'avion à l'altitude optimale.

En montant au dessus de l'optimum avec une poussée réduite dans des conditions standard (STD), la surconsommation de carburant augmente d'une manière significative par rapport à ces valeurs reflétées pour une opération dans des conditions STD + 20°C.

Sur un B 737, les étapes de type court courrier, les altitudes de croisière sont généralement inférieures à l'altitude optimale, la surconsommation de carburant pour une réduction de poussée pendant la montée relevée dans des conditions STD est négligeable. Mais celle relevée dans des conditions STD + 20°C est approximativement de 40 à 50 pounds.

Conclusion :

D'une façon générale, les premiers pourcentages de réduction de poussée ont plus d'influence sur le coût d'exploitation, car ils permettent d'éviter que les températures des parties chaudes des moteurs n'atteignent les valeurs critiques de fonctionnement.

Le gain « **poussée réduite** » est plus important sur un réseau à étape moyenne courrier (durée inférieure à environ 2 heures), que sur un réseau à étape longue courrier (durée entre 3 heures et 4 heures), car il dépend de la fréquence des décollages.

VI. Utilisation du COST INDEX

I. Introduction :

Les coûts d'exploitation dépendent des paramètres opérationnels, le temps de vol et la consommation carburant ces paramètres dépendent du choix de la vitesse de croisière, montée et la descente.

Donc le but recherché est de faire un choix judicieux des paramètres de vol, pour obtenir la vitesse économique « ECON SPEED ».

Le 1^{er} système de gestion de vol le FMS a été certifié en 1984 sur les avions Boeing (B 747, B757, B767) et sur l'Airbus A310, pour faire face à ces problèmes le cost index et les paramètres de référence utilisés par le FMS pour optimiser les performances d'un avion.

2. Le cost index et le FMS :

L'installation de FMS a permis aux compagnies de bénéficier d'un avantage opérationnel tel que la diminution de la charge de travail de l'équipage, la minimisation des coûts d'exploitation tout en optimisant les performances de l'avion et la gestion de vol.

Ainsi le FMS est un moyen de faire des économies, par le contrôle de la vitesse économique et l'altitude optimale, pour cela le FMS utilise le cost index qui lui donne les informations sur les coûts d'exploitation directe.

Le cost index est défini comme le rapport entre les coûts du temps de vol et le coût carburant.

$$CI = \frac{CH}{CF} = \frac{\$/\text{heure}}{\$/\text{heure}}$$

Le CI peut varier entre :

- 0 et 999 pour A 310 et B 767 ;
- 0 et 200 pour le B 737-300 ;
- 0 et 3999 pour le B747 ;
- 0 et 9999 pour le B 777 ;

Remarque : cette différence est due au prix d'achat de l'avion.

III. De quelle manière le FMS assure-t-il cette fonction d'économie ?

Le mode économie de l'FMCS est désigné pour minimiser les coûts d'exploitation, et cette minimisation est accomplie en calculant la vitesse de l'étape et le profil de vol optimal qui minimise la somme du coût carburant et le coût horaire.

III.1. Les termes « ECON et EDIT » vitesse :

« ECON » est le FMS – générateur de la vitesse qui donne le CI pour minimiser les coûts d'exploitations (temps de vol et le coût carburant), et qui inclue toute autre coût opérationnel direct.

« EDIT » est l'insertion manuel de la vitesse qui minimise le coût carburant seulement.

III.1.1. L'utilisation de l'ECON SPEED (vitesse économique) :

Elle est basée sur CI, le FMS minimise le coût horaire Ch en calculant la vitesse économique .

L'optimisation des coûts d'exploitation (temps de vol, coût carburant

En affichant un cost index pour chaque avion par ligne aérienne dans le FMS, dans ce cas , l'avion vol avec une vitesse économique.

III.1.2. L'utilisation de « EDIT » vitesse :

Vitesse « EDIT » : pour les vitesses édit l'habileté d'optimiser la vitesse et l'altitude est difficile, le FMS calcule l'altitude de vol optimal pour édit speeds.

III.2. Altitude de vol déterminer à partir du CI :

L'altitude optimale est en fonction de la masse totale de l'aéronef, le vent de croisière et le cost index, le FMS calcule l'altitude de croisière qui permettra de faire le compromis entre le temps de vol et la consommation carburant, donc celle qui minimisera le coût direct d'exploitation soient deux cas extrêmes qui montrent l'effet de la valeur du cost index sur l'altitude optimale :

CI = 0 : le coût horaire ^{n'est pas} primordial, l'altitude optimale correspondra à l'altitude de rayon d'action ^{maximal} spécifique maximal.

CI ≠ 0 : le ^{coût horaire} horaire est primordial, on préférera consommer plus pour réduire l'effet de ce dernier sur le coût d'exploitation, l'altitude qui réalisera cela sera l'altitude optimale cette dernière, sera inférieur à celle ou le CI=0.

III.3. optimisation du profil de vol par le FMS à partir du cost index :

A après avoir injecté les dans le FMC ,qu'il minimisera le profil de vol en donnant les vitesses économiques et l'altitude optimale de vol.

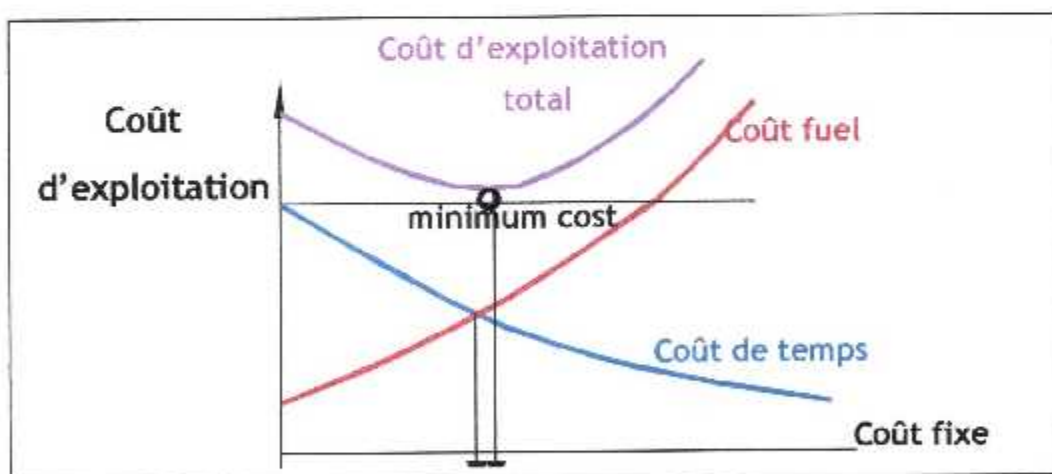


Fig .1 : l'effet de la vitesse sur le cout d'exploitation

Conclusion :

- Le coût de carburant et de temps de vol peut être minimiser sauf si le ECON SPEEDS est affiché.
- seul le coût carburant sera minimisé si le PNT affichent CAS/Mode speeds .
- Lorsqu'on minimise la consommation carburant on maximise le rayon d'action, le CI provoque l'augmentation des vitesses ECON croisière, descente , utiliser par le FMS pour calculer le minimum coût vitesse profile .

Les valeur extrême du COST index :

CI = 0 : ou CI=min , cette valeur est pour un coût de temps minime, la vitesse économique est obtenue dans ce cas quand la consommation carburant est minimale (CD =0), l'avion monte jusqu'à une vitesse de montée nécessaire, ensuite elle prend le régime MMR pour la croisière, et a la fin une descente approximative a une traînée minimale de vitesse.

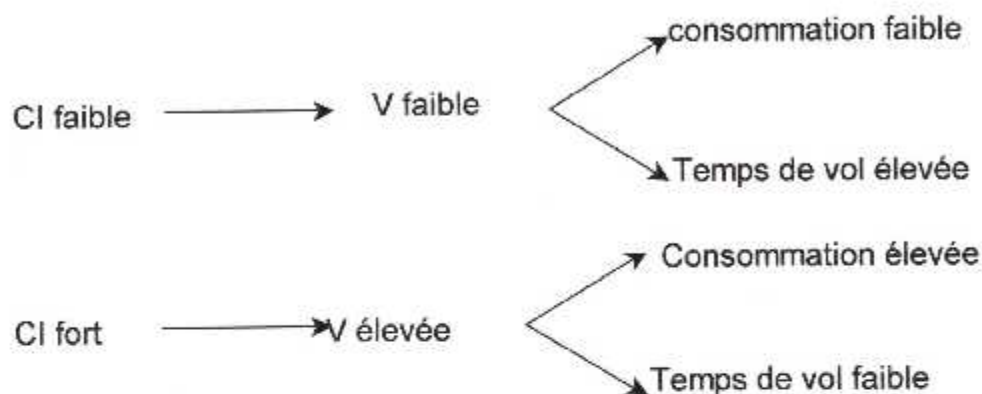
CI= Max : il définit un coût de temps considéré maxi relativement au coût carburant, et une vitesse économique (pour CI = max) est obtenue avec un coût de temps minimum (vitesse économique élevée) . le FMC observe toujours la vitesse VMO/MMO (la vitesse limité) .

La vitesse de montée et descente économique arrivera au VMO/MMO pour un intervalle de CI de 100 à 300 sur B 767 / 757 et de 50 a 200 pour B 737 – 300.

- Les vitesse ECON de montée varie avec le CI et la masse avion.
- Les vitesse ECON de décente sont fonction de CI seulement .
- Les vitesse ECON de croisière sont fonction de CI et la masse avion, l'altitude de croisière, et le vent .

Le vent arrière, favorise la vitesse économique de croisière par contre le vent debout minimise cette vitesse.

On retiendra que :



Donc si on choisit le CI tel que : $0 < CI < MAX$, on a affaire à un mode dit « économique » propre à l'avion, et correspond au compromis qu'elle considère entre la durée de vol et la consommation de carburant, c'est le mode qui est le plus souvent utilisé, les deux autres, n'ont étant que des cas particuliers.

IV. La détermination du COST index :

Une étude bien détaillée de coûts de temps applicable peut être difficile et sa prend beaucoup de temps.

En plus, le coût d'exploitation économisés de cette étude va être minime, par exemple :

sur un B 767 si on prend un CI : 100, l'index actuel doit être 50, cela provoque une augmentation de coût environ 0,2 %, cette valeur varie sur la route suivant la masse maximale et la distance.

Une compagnie aérienne peut déterminer le coût fuel/temps d'une route rentable, par un système de calcul en donnant les vitesses économiques par le FMS et un document supplémentaire de performance, traînée, poussée et système débit carburant « Performance engineering manual ».

La partie la plus difficile de calcul de coût de temps est de décider comment diviser les coûts totaux de maintenance entre le coût de temps de vol et coût de cycle.

Pour simplifier le calcul, on suppose que le coût de maintenance structure et réacteur peut être également divisé entre le coût de temps de vol et de cycle, en supposant que la moitié du coût total de maintenance sont affectés par le temps de vol.

plusieurs compagnies utilise des valeurs faible de **CI**, et quelques compagnies utilise des valeurs qui lui donnent des croisière économique, au voisinage de Mach long RANGE de près de l'altitude optimal.

Pour une **B 767 et 757**, le Mach économiques est de **0,80** obtenue avec un **CI =100** et **0,74** mach pour une **B 737 – 300** avec un **CI =30**.

les autres compagnies utilise des **CI** qui lui donnent des vitesses de croisière limite entre le **MMR** et le **MLR**.

exemple : La compagnie AIR ALGERIE a choisit pour ces avions les valeurs suivantes :

- B767-300 (7T VJG) : CI=86.
- B737-800(7T VJJ) : CI=35.
- A310(VJD) : CI=61.

V. La pénalisation due par un **CI** réelle \neq **CI** théorique :

Le cost index calculé est la valeur déterminée par la compagnie et introduite dans le FMS .

Le cost index actuel est la valeur qu'on doit l'obtenir en utilisant les valeurs des coût de temps et fuel théorique et correct.

Cette pénalisation peut s'engendrer si le **CI** calculé ou théorique est demandé pour une vitesse d'étape aussi rapide, suivi d'une consommation carburant élevée qu'on ne peut pas la récupérer avec un coût de temps réduit.

ainsi la pénalité de coût d'exploitation peut se produire quand le **CI** calculé est demandé pour une vitesse d'étape aussi faible, Produit un coût de temps élevé, qu'on ne peut pas le récupérer avec une consommation réduite de carburant.

- La pénalité de coût d'exploitation est relativement faible pour l'intervalle des **CI** autour de la valeur théorique correct.

Par exemple pour B 737 – 300, pour un CI = 25 actuel, la valeur du cost index calculer pour une ligne aérienne de 5 à 35 produira **une pénalité moins de 0,1 % sur le coût d'exploitation.**

Pour un coût de **carburant** supposé de **13.21 cents / ltr**, cet intervalle de CI correspond à l'intervalle de coût de temps entre [408 - 2608] heur.

Des résultats similaire peuvent se produire pour les autre models Boeing.

quand les coûts d'exploitation avions augmentent, l'intervalle du CI qui correspond a une pénalité peu tend a augmenté.

Il peut y avoir une surconsommation de carburant élevé en utilisant un CI aussi grand qu'il est nécessaire pour l'exploitation. Par exemple, pour une B 737 – 300 quand le CI =5, la consommation de carburant est moins de 1% de celle a un CI=25.

Et quand le CI= 35, la consommation et plus de 1% de celle a CI=25. Dans les deux cas, la pénalité est la même, cela implique que lorsqu 'il y'aura un intervalle d'incertitude de coût de temps, la quantité de carburant doit être sélectionnée à partir de l'extrémité supérieur de l'intervalle de Cost index.

VII.Prise en compte des critères économiques dans la détermination des vitesses de vol :

VII.1.Politique de conduite :

La politique de conduite est la réalisation du vol à moindre coût, par l'utilisation des CI et de mode performances économique du FMS, à chaque fois que cela est possible, c'est la totalité des éléments de coût qui sont alors pris en compte, et n'on pas la seul économie de carburant. Elle sera choisie en fonction des contraintes du vol, selon l'ordre des priorités suivantes.

1- autonomie :

La réalisation de l'étape sans escale technique est prioritaire. La valeur 0 de CI correspond au régime d'endurance maxi de l'appareil car le prix du temps du vol est nul.

CHAPITRE VI

Analyse et utilisation
des coûts d'exploitation
directs et indirects
d'AIR ALGERIE

Analyse et utilisation des coûts d'exploitation directes et indirectes D'AIR ALGERIE

I. Introduction :

Les impératifs économiques liés à l'exploitation du transport aérien ont conduit les compagnies aériennes, à se soucier de la rentabilité de leurs avions et la recherche d'une meilleure exploitation, dont leur but est de maximiser ses gains tout en minimisant les coûts d'exploitations de ses avions, or le souci est de trouver les procédures les plus adéquates pour rentabiliser au maximum sa flotte. Avec les contraintes qui sont liées à l'exploitation ou les dépasse, et fixer une politique en se basent principalement sur ses dépenses qui sont fonction de deux paramètres :

- Le coût carburant
- Le coût liés au temps de vol.

Dont une détermination des paramètres de vol optimaux est nécessaire qui fait intervenir les vitesses de montée, croisière, descente, attente et décollage, ainsi que le niveau de vol, et la quantité de carburant à embarquer.

Il faut bien préciser ces coûts d'exploitation, car ils représentent la référence pour établir une politique d'actions et font partie des paramètres d'entrée dans les différents logiciels d'optimisation des vols (cost index, choix d'itinéraire..), et aussi sont les paramètres de base pour déterminer les mécanismes de planification des tarifs (prix de billet d'avion) en fonction du prix de revient d'une ligne.

II- Les coûts d'exploitation :

Se sont toutes les dépenses pour les quelles on pourra réaliser le vol en toute sécurité, ces coûts sont divisés en 2 deux catégories.

$$C = C_f * F + C_h * T + C_i$$

C : coût total

C_f : coût fuel

F : délestage

C_h : coût horaire

T : temps de vol

II – 1 : Première catégorie :

Elle comprend les coût fixes, qui ne sont pas liés directement à l'utilisation des avions sur une étape mais pour toute la vie de l'avion qui sont les suivants :

a-Amortissement de l'avion :

Il est fixé par la compagnie pour le renouvellement de la flotte, or c'est la valeur du remplacement de l'avion par un autre avion neuf.

b-Les charges financières :

Elles sont fixées aussi par la compagnie, elles correspondent à la recette de la compagnie en cas de vente ou remplacement des équipements des avions.

c-Les assurances :

Ces dernières comprennent :

- Assurance responsabilité civile
- Assurance risque de guerre.
- Assurance corps avion.

II – 2 : Deuxième catégorie :

C'est tous les coûts variables qui dépendent de l'exploitation de l'avion sur une ligne bien définie et du type d'avion, ces coûts varient d'une étape à une autre, les coûts variables sont les suivants :

- Coût carburant

- Coût équipage (PNC, PNT)
- Les redevances de survol
- Les redevances aéroportuaires.

a- Coût carburant :

Le coût carburant est calculé selon les enlèvement théorique et en fonction de plusieurs coefficients :

- La charge transportée.
- Le tarifs carburant (tarif départ, destination, escale) .

Il est exprimée en Dollar / Pounds.

b- Coût équipage : (PNT, PNC)

C'est le salaire dépensé pour le personnel navigant technique (PNT) et commercial (PNC), il fait intervenir plusieurs variables :

- La rémunération du personnel navigant (PNT, PNC)
- Les heurs de vol
- Selon le type d'avion utilisé
- La nature de vol (domestique, international)

C- Coût maintenances :

C'est toutes les dépenses de la maintenance des avions, ce coût contient les différentes dépenses suivantes :

- Coût entretien structure, et réacteur, et équipements.
- Coût main d'œuvres structure, réacteur et équipements.

d-Les redevances de survol :

Se sont les frais liés à l'exploitation de l'avion d'une aux survol des différents FIR, elles sont calculés suivants les paramètres suivants :

- La masse de l'avion au décollage
- La distance (largeur de l'étape)
- Le taux unitaire

e- Les redevances aéroportuaires :

Se sont les frais fixés par les autorités aéroportuaire, de chaque état , et payée pour chaque atterrissage, elle sont calcules a l'aide de :

- La masse de décollage
 - Le coefficient qui tient compte des nuisances sonores (normes bruits)
- Cette tranche de redevances contient :
- Redevance de service passager
 - Redevance de sûreté
 - Redevance liée aux bruits (annexe 16)
 - Redevance de stationnement
 - Redevance des services terminaux de la navigation aérienne.

e-1- Redevance de service passager :

Cette redevance est due par le transporteur pour l'utilisation des ouvrages locaux d'usage commun servant à l'embarquement au débarquement et à l'accueil des passagers, et pour tout passager voyageant sur un aéronef exploité à des fins commerciales.

Elle est appliquée aux passagers au départ de l'aéroport, le taux dépend de la destination

- Destination internationale environ 15 F/pax.
- Destination national e environ 5 à GF/pax.

e- 2- Redevance de stationnement :

Sur tout aéroport on peut distinguer trois catégories de surfaces destinées au stationnement :

- a. **Air de trafic** : aire ou sont déposés ou embarqués les voyageurs avant que l'aéronef rejoigne la piste ou une autre aire des stationnement.
- b. **Air de garage** : aire ou demeure l'aéronef entre deux vols successif.

- c. **Air d'entretien** : aire destinée à l'entretien des appareils la redevance est calculée en tenant compte de ces trois aires, sachant que les avions en vols réguliers restent en moyenne 1 Heurs sur l'aéroport alors qu'en vol non régulier ils restent 3 heurs ou plus, une franchise d'une heur est souvent appliquée.

e-3 . redevance de sûreté :

l'OACI recommande que ces redevances soient fondées sur :

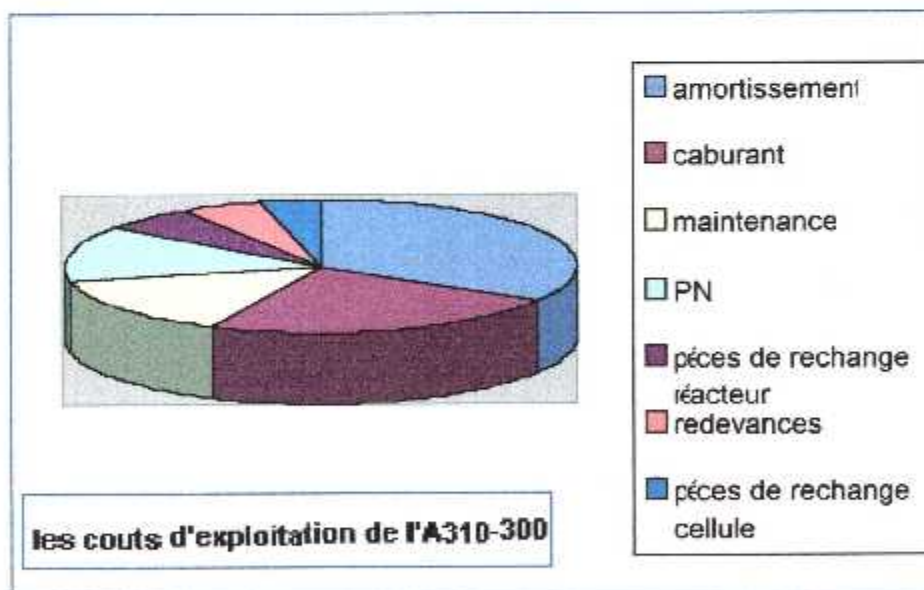
- Le nombre de passager.
- La masse de l'avion.
- La distance de vol.

e-4. redevances lies au bruit :

c'est les dépenses qui couvrent les problèmes de bruit, matière d'atténuation ou de prévention de bruit.

Elles doivent être associées à la redevance d'atterrissage pour tenir compte des dispositions de l'annexe 16 de la convention de CHICAGO.

Exemple :



Remarque : selon les dépenses d'exploitation de l'A310-300, on constate que les coûts variables ont un pourcentage très important (51%)

Conclusion

Cette étude permet de mettre en évidence l'importance des dépenses parasites pour en déduire des procédures à faire respecter.

Donc il est intéressant que chaque compagnie prescrive une politique carburant qui contient :

- La maintenance avion : maintenir l'avion dans les meilleures conditions, en prenant compte de coût de maintenance (PN), et la suivi moteurs préventifs.
- L'emport d'une quantité de carburant nécessaire.
- Les opérations au sol :
 - Choisir la piste pour le décollage la plus proche, dans le cas possible.
 - Retarder le démarrage des moteurs.
 - Utilisation restreinte de l'APU.
- Optimisation d'utilisation de système anti-givrage.
- Adopter le niveau de vol : toute ajuster avec le vent si nécessaire, ou à l'altitude donnée par l'ATC.
- Utilisé le CI, établie à partir d'une étude bien détaillée sur les coûts d'exploitation propres à la compagnie, l'équipage doit respectés la valeur du CI choisi.

Ce pendant cette étude ne s'arrête pas uniquement à ce stade, une meilleure affinité peut être apportée à cette politique pour une étude bien détaillée de ses procédure dans chaque vols, pour éviter tout phénomène entraînant des surconsommation et généraliser cette étude pour tout les appareils de la flotte AIR ALGERIE pris séparément.

A la fin on peut souligner qu'il faut insisté sur le coté information des CDB et faire des séances d'information pour les équipages avec des chiffres permettant de voir les gains et les pertes que peut engendrer une manoeuvre quelconqué, et aussi les responsabiliser.

ANNEXES

DAAG - DABB

Date	H.départ	H.arré	Tps BLK	Tps A/B	E.Fuel	Conso A/B	BLK.Fuel	Prise	étape	%	Con/H	\$/pr PLN	\$/moy Con	
01-10-01	18:00	19:25	1/47	1/25	3738	3900	9582	11000	224/250	0,96	2752,94	1418	0	
01-10-01	20:10	21:20		1/10	3626	3900	9493	11000	224/250	0,93	3333,33	1507	0	
			Avion B 727-200		Nombre de vol = 2		3682	3900	9537,50	11000	0,94	12172,54	1463	0
29-08-01	16:20	17:30	1/56	1/10	2459	2300	5701	8800	224/250	0,94	1965,81	3099	-82	
16-09-01	16:00	17:00	1/55	1/00	2177	2100	5684	8000	224/250	1,04	2100	2316	-282	
16-09-01	14:15		1/56	1/15	2259	2600	5407	6800	224/250	0,87	2080	1393	218	
16-10-01	12:30	13:55	1/55	1/25	2134	2300	5675	6800	224/250	0,93	1623,53	1125	-82	
01-10-01			1/57	1/10	2339	2500	5994	7000	224/250	0,94	2136,75	1006	+118	
01-10-01	12:00	13:30	1/58	1/30	2260	2500	5772	8000	224/250	0,90	1666,67	2228	+118	
01-10-01	09:30	10:45	1/58	1/15	2337	2600	5992	9000	224/250	0,90	2080	3008	+218	
06-10-01	09:24	10:57	1/56	1/33	2156	2300	5669	7800	224/250	0,94	1483,87	2131	-82	
06-10-01	16:20	17:20	1/55	1/00	2139	2400	5654	8200	224/250	0,84	2400	2546	+18	
07-10-01	06:45	07:45	2/00	1/00	2305	2300	5736	9800	224/250	1,00	23000	4064	-82	
07-10-01	16:30	17:01	2/01	1/31	2314	2300	5704	9800	224/250	1,01	1516,48	4096	-82	
			Avion B737-200		Nombre de vol = 11		2261,73	2382	5726,18	8181,82	0,99	1941,19	2660	0
29-08-01	07:30	08:40	1/54	1/10	2003	2000	5176	6000	222/210	1,00	1709,40	824	-33,33	
06-10-01	07:45	09:05	1/56	1/20	1979	2000	4817	7800	222/210	0,99	1500,00	2983	-33,33	
06-10-01	15:00	16:20	1/53	1/20	1904	2100	5994	7000	222/250	0,91	1578,95	1006	+66,57	
			Avion B737-800		Nombre de vol = 3		1962	2033,33	5329	6933,33	0,97	1596,12	1604	0

DABB-DAAG

Date	H.départ	H.arré	Tps BLK	Tps A/B	E.Fuel	Conso A/B	BLK.Fuel	Prise	Etape	%	Con/H	\$/pr PLN	\$/moy Con
01-10-01			1145	1/30	3022	3400	9474	11500	234/260	1,12	1835,29	907	218
02-10-01	06:20	07:20	1144	1/20	3793	3900	9432	11000	234/260	0,97	1800,00	155	18
			Nombre de vol=2		3407,50	3650	9453	11250		1,05	2595,2	1797	0
Avion B727-200													
29-08-01	18:05	19:30	1/57	1/25	2403	2600	5793	6700	234/260	0,92	1800,00	155	18
16-09-01	17:40	19:00	1/58	1/20	2436	2400	5845	6000	234/249	1,02	1650,00	2516	-182
16-09-01	16:00	17:20	1/58	1/20	2360	2200	5484	800	234/260	1,07	1533,33	976	-825
16-09-01	14:40	16:10	1/58	1/30	2435	2300	5824	6800	234/260	1,06	1733,33	2669	218
01-10-01	17:45		1/54	1/20	2310	2600	5831	8500	224/310	0,89	1704,55	1400	118
01-10-01			1/55	1/28	2275	2500	5600	7000	234/260	0,91	1623,53	2028	-82
01-10-01	17:45	19:10	1/56	1/25	2449	2300	5972	8000	222/250	1,06	1550,56	1199	-82
06-10-01	16:04	17:33	1/55	1/29	2320	2300	5701	6900	222/260	0,97	1800,00	2258	18
06-10-01			1/56	1/20	2339	2400	5742	8000	222/260	0,99	2190,48	2016	-82
07-10-01	08:20	09:23	1/55	1/03	2285	2300	5584	7600	234/240	0,96	1568,18	1326	-82
07-10-01			1/54	1/28	2214	2300	5474	6800	234/240				
			Nombre de vol=11		2347,82	2382	5713,62	6645,45	236		1747,35	1586,36	0
Avion B737-200													
29-08-01	09:00	10:30	1/52	1/30	2172	2000	5188	6000	234/260	1,09	1333,33	812	-100
06-10-01	0930	11:00	1/52	1/30	2081	2200	4885	6000	//	0,95	1466,67	1115	100
06-10-01	17:00	18:30	1/52	1/30	2127	2100	5004	17400	//	1,01	1400,00	12396	0
			Nombre de vol = 3		2126,67	2100	5025,67	9800		1,02	1400,00	4774,33	0
Avion B737-800													

DAAG - DABC

Date	H.départ	H.arré	Tps BLK	TpsA/B	E.Fuel	Conso A/B	BLK.Fuel	Prise	Etape	%	Con/H	\$/pr PLN	\$/moy Con
29-08-01	12:50	13:55	1/36	11/10	3039	3100	8448	11400	185/270	0,98	2672,40	2952	-229
14-09-01	06:45	07:55	1/36	1/10	3138	3200	8707	17700	185/250	0,98	2742,80	8993	-129
15-09-01	17:40	18:40	1/36	1/00	2968	3400	8361	10700	185/250	0,98	3400	2339	71
16-09-01	16:50	17:50	1/36	1/00	3030	3400	8473	13700	185/250	0,89	3400	5227	71
06-10-01	16:00	17:15	1/36	1/15	3043	3400	8469	10300	185/280	0,89	2720	1831	71
06-10-01	18:05	19:15	1/36	1/10	3041	3400	8467	11000	185/270	0,89	2931	2533	71
06-10-01	15:00	16:10	1/36	1/10	3047	3400	8475	10700	185/250	0,90	2931	2225	71
Avion B727 - 200			Nombre de vol = 7		3043,71	3328	8486	122143		0,91	2928,91	3729	0
29-08-01	12:20	13:25	1/42	1/05	1916	2300	5033	8800	185/270	0,83	2123	3767	+55
29-08-01	15:15	16:15	1/42	1/00	1899	2100	5014	6800	185/270	0,90	2100	1786	-145
29-08-01			1/45	1/00	2059	2100	5282	7900	185/250	0,98	2100	2618	-145
29-08-01			1/45	1/10	1869	1900	4802	6800	185/250	0,98	1638	1998	345
01-10-01	15:05	16:05	1/47	1/00	1984	2300	5264	7500	185/270	0,86	2300	2236	+55
01-10-01	17:35	18:45	1/47	1/10	1986	2300	5278	7200	185/270	0,85	1983	1922	+55
01-10-01	06:35	07:50	1/42	1/15	2069	2300	5279	7000	185/270	0,90	1840	1721	+55
05-10-01	10:50	11:45	1/35	0/55	1895	2300	5172	6800	185/270	0,82	2509	1628	+55
06-10-01	06:45	07:20	1/42	0/39	1907	2600	5021	7000	185/270	0,73	4457	1979	+355
07-10-01	06:30	07:40	1/47	1/10	1854	2300	5029	8000	185/270	0,80	1983	2971	+55
07-10-01	11:25	12:25	1/42	1/00	1862	2200	4882	8800	185/270	0,84	220	3918	-45
Avion B737 - 200			Nombre de vol = 10		1936,36	2245	5096			0,86	2293,91	2413,09	0
30-09-01	14:35	15:55	1/35	1/20	1601	1680	4098	8000	185/270	0,95	1200	3902	-131
01-10-01	11:00	12:00	1/36	1/00	1660	2100	5113	12000	185/270	0,79	2100	6887	289
05-10-01	11:25	12:30	1/35	1/05	1599	1785	4098	11700	185/270	0,89	1648	7602	-26
06-10-01	10:50	11:45	1/35	0/55	1608	1680	4100	10000	185/270	0,90	1833	5900	-131
Avion B737 - 800			Nombre de vol = 4		1617	1811	4355	10425		0,90	1710,25	6072,75	0
01-10-01	18:50	19:50	1/40	1/00	3328	3600	8334	20.300	185/270	0,92	3600	11966	860
07-10-01	10:50	12:00	1/35	1/10	1504	1880	2731	12500	185/270	0,80	1621	9769	-860
Avion A310			Nombre de vol = 2		4832	2740	6033	16400		0,86	2610,50	10867,5	0

DABC- DAAG

Date	H.départ	Harre	Tps BLK	Tps A/B	E.Fuel	Conso A/B	BLK.Fuel	Prise	Etape	% / H	Con/H	\$/pr PLN	\$/moy Con
29-08-01	18:45	20:00	1/36	1/15	3088	3100	8752	11500	182/260	0,99	2480	2748	-250
14-09-01	07:00	0800	1/38	1/00	3236	3400	9050	9700	182/260	0,95	3400	650	+50
16-09-01	18:25	19:30	1/39	1/05	4127	3400	8815	10700	182/260	1,21	3138	1885	+50
06-10-01	16:30	17:40	1/39	1/10	3114	3400	8800	13700	182/260	0,91	2931	4900	+50
08-10-01	20:25	21:25	1/39	1/00	3108	3400	8795	10700	182/260	0,91	3400	1905	+50
08-10-01	08:25	09:35	1/38	1/10	3108	3400	9793	11000	182/260	0,91	2931	1207	50
Avion B727 - 200			Nombre de vol = 6		19781	3297	3350	9002	11217	0,98	3046,67	2215,83	0
29-08-01	16:30	17:30	1/49	1/10	2023	2100	5555	7300	182/260	0,96	1810	1745	-140
29-08-01	16:30	1730	1/49	1/00	1919	2100	6485	9300	182/260	0,91	2100	2815	-140
30-08-01	05:55	06:45	1/49	0/50	1903	2100	5272	6800	182/260	0,91	2520	1528	-140
01-10-01	19:15	20:25	1/45	1/10	2021	2800	5544	7100	182/260	0,72	2414	1556	+560
01-10-10			1/48	1/05	1833	2300	5235	700	182/260	0,80	2123	1765	+60
02-10-01	0910	10:10	1/48	1/00	1832	2300	5221	7000	182/260	0,80	2300	1779	+60
06-10-01	07:20	08:02	1/47	0/42	1929	2300	5320	5800	182/260	0,84	3286	480	+60
06-10-01	11:55	13:05	1/49	1/10	1914	2100	5296	6900	182/260	0,91	1810	1604	-140
07-10-01	18:30	19:35	1/48	1/05	1849	2000	5178	7800	182/260	0,92	1846	2622	-240
06-10-01	20:00	21:10	1/48	1/10	1707	2300	4883	6800	182/260	0,74	1983	1917	+60
Avion B737 - 200			Nombre de vol = 10		18930	2240	5399	6343		0,85	2219,20	1781,10	0
02-10-01	08:30	09:40	1/42	1/10	1480	1800	4337	8000	182/260	0,82	1543	3663	-70
02-10-01	16:45		1/41	1/05	1428	2100	4209	6000	182/260	0,70	1938	1791	+230
07-10-01	07:20	08:02	1/43	0/42	1509	1680	4384	11800	182/260	0,90	2400	7416	-1702
07-10-01	19:10	20:15	1/41	1/05	1291	1900	3899	6000	182/260	0,68	1754	2101	+30
Avion B737 - 800			Nombre de vol = 4		5708	1870	4207	7950		0,77	1908,75	3742,75	0

DAAG - DAUH

Date	H.départ	H.arré	Tps BLK	Tps A/B	E:Fuel	ConsoA/B	BLK:Fuel	Prise	Etape	%	Con/H	\$ /pr PLN	\$ /moy Con
29-08-01	08:45	10:20	2/20	1/35	4852	5500	11793	15700	354/290	0,88	3474	3907	+420
16-09-01	17:40		2/19	1/35	4762	4900	11803	1700	354/290	0,97	3095	5197	-180
01-10-01			2/20	1/30	4946	4900	11788	12000	354/270	1,01	3267	212	-180
01-10-01	08:50	10:20	2/19	1/30	5114	5200	12172	16000	354/290	0,98	3467	3828	+120
30-09-01	16:40	17:05	2/20	1/25	4830	4900	11752	13500	//	0,98	3459	1748	-180
Avion B727 - 200			Nombre de vol = 5		4900,80	5080	11861	14840		0,96	3352,40	2978	0
29-08-01			2/20	1/30	2941	3100	6845	9300	354/290	0,95	2066,67	2455	-325
16-09-01	08:45		2/33	1/30	2958	3800	7296	8400	334/270	0,78	2533,33	1104	+375
06-10-01	09:20		2/34	1/20	3747	3300	7350	9500	354/290	1,14	2475	2150	-125
06-10-01	0755	09:20	2/34	1/24	3032	3500	7303	10000	354/290	0,87	2470,59	2697	+75
A02-10-01Avion B737 - 200			Nombre de vol = 4		3313,60	3400	91850	9300		0,94	9545,59	2102	0

DAUH - DAAC

Date	H.départ	H.arré	Tps BLK	Tps A/B	E.Fuel	Conso A/B	BLK.Fuel	Prise	Etape	%	Con/H	\$/pr PLN	\$/moy Con
29-08-01	10:35	12:10	1/59	1/39	4789	4900	10459	10700	343/280	0,98	3094,74	241	-200
16-08-01	19:30	21:05	2/01	135	4937	5400	10	12000	//	0,91	3410,53	2000	+300
01-10-01	10:20	11:50	1/59	1/30	4776	5400	10418	13000	//	0,88	3600,00	2582	+300
01-10-01	10:30	11:58	1/56	1/28	4613	4900	10247	11000	//	0,94	3340,91	753	-200
06-10-01	19:20	20:50	1/58	1/30	4775	4900	10471	12000	//	0,97	3266,67	1529	-200
Avion B727 - 200			Nombre de vol = 5		4778	5100	10444	11740		0,94	3342,57	1421	0
29-08-01			2/10	1/30	2894	3100	5999	7100	343/280	0,93	2066,67	1101	-880
10-09-01	10:35	11:00	2/12	1/25	3046	4900	6447	7800	//	0,62	3458,82	1353	+920
01-10-01	11:50	12:25	1/58	1,30	4882	4900	10671	10500	//	1,00	3266,67	171	+920
02-10-01			2/07	1/20	2830	3300	6218	8200	//	0,86	2475,00	1982	-680
06-10-01	09:50	11:00	2/10	1/10	2916	3700	6299	7800	//	0,79	3171,43	1501	-280
A02-10-01 Avion B737 - 200			Nombre de vol = 5		3313,60	39800	7126,8	8280		0,84	2887,72	1222	0

DAAG-DAOO

Date	Hdept	H arri	Tps BLK	Tps A/B	E.fuel	Cons A/B	BLK fuel	Prise	etape	%	Cons/h	\$/Pr PIN	\$/moy con
29-08-01			1/45	1/20	3917	4000	9673	11000	226/260	0.98	2286.71	1327	+133
01-10-01		18:15	1/43	1/15	3661	3700	9332	11000	226/260	0.94	2960.00	1668	-167
06-10-01			4/45	1/10	3815	3900	9445	10800	226/260	0.98	3342.80	1355	+33
Avion B727-200			NBRE de Vol=3		3737.67	387	9483.33	10933.33		0.98	2862.86	1450	0
29-08-01		15:15	1/45	1/15	2339	2900	5729	9300	226/260	0.81	2320	3571	+519
01-10-01		14:55	1/49	1/10	1857	1870	4576	10300	226/260	0.99	1598.29	5724	-511
01-10-01			1/54	1/00	2210	2300	5605	7000	226/260	0.96	2300	1395	-81
01-10-01			1/54	1/05	2346	2400	5622	8100	226/260	0.98	2215.30	2478	+19
06-10-01			2/00	1/00	2395	2500	5917	11900	226/260	0.96	2500	5983	+119
06-10-01		14:25	1/56	1/05	2142	2400	5573	11300	226/260	0.89	2215.38	5727	+19
07-10-01		6:04	1/57	1/00	2194	2300	5560	9800	226/260	0.95	2300	4140	-81
Avion B737-200			Nombre de Vol=7		2051.29	2381	5526	9671.43		0.93	2207	4145.43	0
28-08-01		21:15	1/50	1/05	2073	2320	5045	14000	226/260	0.89	2141.54	8955	+147
06-10-01		16:19	1/50	0/50	2053	2100	4893	5700	226/260	0.98	2520	807	-73
06-10-01			1/50	1/10	2046	2100	4893	18000	226/260	0.97	1794.87	13107	-73
Avion B737-800			Nombre de Vol=3		1722.67	2173	4943.67	12566.67	226/260	0.95	2162.14	7623	0
					3895	4100	8876	33300	226/260	0.94	3075	24424	0
Avion B767-300			Nombre de Vol=1		3895	4100	8876	33300		0.94	3075	24424	0

DAAG- DAOO													
Date	Hdept	Harri	Tps BLK	Tps A/B	E fuel	Cons A/B	BLK fuel	Prise	étape	%	Con/h	\$/Pr PLN	\$/Moy con
06-08-01			1/40	1/10	3402	3400	9093	10500	206/250	1.00	2905.8	1407	0
	Avion B727-200		Nombre de Vol=		3402	3400	9093	10500		1.00	2905.8	1407	0
29-08-01		16:50	1/40	1/15	2020	2600/2600	5428	6800	206/270	0.78	2080	1372	+297
01-10-01			1/45	1/00	1706	1725	4248	8200	206/270	0.99	1725	3952	-578
01-10-01			1/52	1/00	2115	2300	5513	7000	206/270	0.92	1966	1487	-3
01-10-01			1/53	1/18	2255	2600	5540	7000	206/250	0.87	2000	1460	297
06-10-01		18:00	1/52	1/10	2045	2300	5601	6800	206/250	0.89	1965.81	1199	-3
07-10-01		6:10	1/54	1/10	2109	2300	5580	6800	206/250	0.92	1965.81	1220	-3
07-10-01		16:40	1/50	1/10	2109	2300	5196	7000	206/250	0.92	1965.81	1804	-3
	Avion B737-200		Nombre de Vol=7		2051.29	2303	5300.86	7085.71	206/250	0.90	1953	1784.85	206/270
06-10-01		17:50	1/45	1/00	1715	2100	4619	5700	206/270	0.82	2100	1081	0
07-10-01			1/45	1/10	1701	2100	4586	12300	191/270	0.81	1794.87	7714	0
01-10-01		10:40	1/45	1/00	1752	2100	4589	1200	206/270	0.83	2100	7411	0
	Avion B737-800		Nombre de Vol=3		1722.67	21000				0.82	1998.29	5402	0

DAAG-LFPG

Date	H dept	H arri	TpsBLK	Tps A/B	E.fuel	Cons A/B	BLK -fuel	Prise	etape	%	Cons/h	\$/ PrPLN	\$/Moy con
30-09-01	19:20	22:05	3/38	3/05	9206	9500	14909	27300	801/370	0.97	3166	12391	-233
01-10-01	7:00	1:00	3/30	3/00	9211	9600	15127	27300	801/370	0.96	3200	12173	-133
01-10-01	6:55	9:55	3/30	3/00	10121	10100	16257	17400	801/370	1.00	3367	1143	+367
06-10-01			6/30	2/10	9060	9600	18000	27300	801/370	0.94	4431	9300	-133
06-10-01	7:05	9:15	3/26	2/10	8580	10600	14443	27400	801/370	0.81	4907	12957	-867
07-10-01	11:05	13:34	81/55	2/29	9776	9000	27000	27300	801/370	1.09	3624	300	-733
Avion B767-300			Nombre de Vol			9733	17623	25667		0.96	3782.50	8044	0
29-08-01	6:55	9:40	3/15	2/25	9334	10900	15515	28500	801/366	0.86	3963.64	12985	+33
16-09-01	6:35		4/03		9973	11200	17700	18000	801/370	0.89	4335.48	300	333
07-10-01	7:00	9:35	3/84	2/35	10014	10500	15781	2700	801/370	0.95	4064.52	11219	-367
Avion A310			Nombre de Vol			1086	16332	24500		0.90	4121.21	8168	0

LFPG-DAAG

Date	H dépt	H arri	Tep BLK	Tps A/B	E-fuel	Conso A/B	BLK fuel	Prise	etape	%	Con/h	\$/pr PLN	\$/Moy con
01-10-01	8:00	10:35	3/08	2/35	8167	9600	13257	16400	776/390	0.85	3716	3143	-100
01-10-01	10:45	13:25	3/09	2/40	9273	9600	14631	16200	776/350	0.96	3600	1569	-100
02-10-01	6:55	9:16	3/18	2/21	9119	10100	14248	16200	776/390	0.90	4298	1952	+400
06-10-01			3/22	2/30	9397	9600	14519	16700	776/350	0.98	3840	2181	-100
06-10-01	10:40	13:15	3/18	2/35	9105	9600	14260	17300	776/350	0.95	3716	3040	-100
Avion B767-300			Nombre de Vol=5			9700	147183	16500		0.93	3826	2377	0
16-09-01	10:25	12:50	2/58	2/25	8129	10100	13324	17000	776/370	0.61	4179	3676	+667
07-10-01	11:15	13:35	2/55	2/20	7682	9400	12750	17000	776/380	0.81	4028	4250	-33
07-10-01	14:25	17:10	81/55	2/15	8719	8800	12814	16400	776/380	0.99	3411	3586	-633
Avion A310-203			Nombre de Vol=3			9433	12963	16800		0.80	4039.33	3837.33	0

1
DAAG-DAAE

Date	H.départ	H.arré	Tps BLK	Tps A/B	E. Fuel	Conso A/B	BLK.Fuel	Prise	Etape	%	Con/h	\$/Pr PLN	\$/Moy Con
01-10-01			1/34	0/50	2638	2700	8678	20000	108/150	0,98	3240	11322	-35
06-10-01	07:30		1/35	1/90	2593	3400	8555	21700	108/130	0,76	2914,29	13145	+35
			Avion B727 - 200		Nombre de vol = 2	2615,5	3050	8616,50	20850	0,87	3077,15	12233,50	0
29-08-01			1/15	0/50	1081	1100	3214	7000	108/190	0,98	1320	3786	
06-10-01			1/37	1/00	1121	1200	4148	10900	108/150	0,93	1200	6752	+50
			Avion B737 - 200		Nombre de vol = 2	1101	1150	3861	8900	0,96	1260	5269	0
05-10-01			1/17	1/00	1111	1500	3139	12300	108/150	0,74	1500	9161	+150
06-10-01	16:25	17:15	1/17	0/50	1055	1200	3139	12000	108/170	0,88	1440	8861	-150
			Avion B737 - 800		Nombre de vol = 2	1083	1350	3139	12150	0,81	1470	9011	0

DAAE - DAAG

01-10-01			1/28	1/00	2573	2900	9224	8800	102/160	0,89	2900	576	+150
07-10-01			1/29	0/50	2527	2600	7126	8000	102/140	0,97	3120	874	-150
			Avion B727		Nombre de vol = 2	2550	2750	8675	9250	0,93	3010	725	0
06-10-01	13:50		1/33	1/15	1147	1300	4026	9000	102/180	0,88	1040	4974	+50
07-10-01			1/33	1/05	1163	1200	3813	12000	102/160	0,97	1107,69	8187	-50
			Avion B737 - 800		Nombre de vol = 2	1155	2750	8675	9250	0,93	3010	6580,50	0
01-10-01			1/33	1/10	1134	1600	4004	6850	102/160	0,71	1371,43	2846	-100
07-10-01			2/01	1/35	1194	1800	4208	7800	102/140	0,66	1136,84	3592	+100
			Avion B737 - 200		Nombre de vol = 2	1164	4106	7325	7325	0,69	1254,14	3219	0

DABC - LFPG

Date	H.départ	H.arré	Tps BLK	Tps A/B	E.Fuel	Conso A/B	BLK.Fuel	Prise	Etape	%	Con/H	\$/pr PLN	\$/moy Con
05-10-01	12:55	15:06	3/25	2/11	5032	5640	8694	10000	819/350	0,89	2583,21	1306	+74
01-10-01	13:40	15:45	3/26	2/05	5225	5775	8797	9800	819/350	0,90	2772	1003	+209
06-10-01	12:55		3/23	2/00	5521	5600	8398	10000	819/350	0,99	2800	1602	+34
07-10-01	12:54	15:49	3/37	2/55	5214	5250	8509	10600	820/350	0,99	1800	2091	-316
Avion B737 - 800			Nombre de vol = 4		5248	5566	8594,50	10100		0,94	2488,80	1501	0

LFPG - DABC

01-10-01	17:35	19:50	3/07	2/15	5154	5670	8089	9000	840/370	0,91	2520,00	911	+854
05-10-01	16:40	18:50	3/05	2/10	5335	5565	8294	9100	840/350	0,96	2564,52	806	+749
06-10-01	20:00	22:10	2/45	2/10	1707	2300	6800	4883	840/300	0,74	1965,81	83	-2516
07-10-01	16:05	18:50	2/58	2/45	4707	5730	7640	10000	840/370	0,82	1711,64	2360	+914
Avion B737 - 800			Nombre de vol = 4		4225,75	4816	7705,75	8245,75		0,86	2190,49	1630	0

DABC - LFMIL

29-08-01	14:25	16:10	2/16	1/35	5427	5500	11318	12500	455/310	0,99	3473,68	1182	-500
16-09-01	12:15	13:55	2/19	1/40	5709	6100	11715	12600	455/310	0,94	3660,00	885	+100
07-10-01	08:20	09:41	2/12	1/05	5312	6400	1195	15400	455/310	0,83	5907,69	14205	+400
Avion B727 - 200			Nombre de vol = 3		5482,67	6000	807600	13500		0,92	432,712	5424	0
01-10-01	07:55	09:40	2/17	1/45	3214	3600	5807	8000	455,310	0,89	2057,14	2193	+50
01-10-01	07:35		2/16	1/40	3183	3500	5775	8000	455,310	0,91	2100	2225	-50
Avion B737 - 800			Nombre de vol = 2		3198,5	3550	5791	8		0,90	2078,57	2209	0

LFML - DABC

29-08-01	16:35	1820	2/10	1/45	5249	5300	10658	11700	444/330	0,99		1042	
16-09-01	09:45	11:25	2/08	1/40	5102	6400	105008	12600	444/330	0,80		2100	
16-09-01	14:25	16:05	2/08	1/40	5102	6400	1548	13000	444/330	0,80		520	
07-10-01	15:35		2/12	1/45	5372	6400	10802	11200	444/330	0,84		398	
Avion B727 - 200			Nombre de vol = 4		10412,5	6125	10639	13125				1015	
01-10-01	15:30	17:10	2/10	1/40	2955	3500	5457	8500	444/370	0,80		2100	3043
02-10-01	14:30	16:15	2/11	1/45	2990	3500	5473	7500	444/370	0,84		2000	2025
Avion B737 - 800			Nombre de vol = 2		2972,50	3500	5365	8000				2050	2535
											0	0	

DAAG - DABT

Date	H.départ	H.arré	Tps BLK	Tps Ab	E.Fuel	Conso AB	BLK.Fuel	Prise	Etape	%	Con/H	\$/Pr PLN	\$/Moy Con
16-09-01	10:40	11:40		1/00	1408	1600	2981	18100	161/270	0,88	1600	15119	-50
30-09-01	13:20	14:20		1/00	1360	1700	2999	15700	16/1290	0,80	1700	12701	50
			Avion B737 - 800		Nombre de vol = 2	1384	1650	2990	16900	0,24	1650	1391	0
07-10-01	08:00		1/45	1/00	1858	1900	2981	18100	161/270	0,98	1085,71	15119	0
			Avion B737 - 200		Nombre de vol	1858	1900	2981	18100	0,98	1085,71	15119	0
07-10-01			1/33	1/05	2789	3400	8248	14000	16/250	0,82	3138,46	5782	0
			Avion B727 - 200		Nombre de vol	2789	3400	8248	14000	0,82	3138,46	5782	0

DABT - DAAG

Date	H.départ	H.arré	Tps BLK	Tps Ab	E.Fuel	Conso AB	BLK.Fuel	Prise	Etape	%	Con/H	\$/Pr PLN	\$/Moy Con
01-10-01	12:20	13:40	1/43	1/20	1403	1800	4074	1200	186/310	0,78	1350	7926	-50
01-10-01	15:00	16:15	1/43	1/15	1454	1900	4317	8000	186/310	0,77	1520	3683	+50
			Avion B737 - 800		Nombre de vol = 2	1850	419,55	4600	186/310	0,77	1435	5804,50	0
16-09-01	07:30	08:30	1/44	1:00	1493	1600	4374	7600	186/310	0,93	1600	3226	0
			Avion B737-200		Nombre de vol = 1	1493	4374	7600	186/310	0,93	1600	3226	0
06-10-01			1/39	1,20	3103	1600	8794	10,200	186/260	1,94	1367,52	1409	0
			Avion B727-200		Nombre de vol = 1	3103	8794	10,200	186/260	1,94	1367,52	1409	0

DAAE - LPPG

Date	H.départ	H.arré	Tps BLK	Tps AB	E.Fuel	Conso AB	BLK.Fuel	Prise	Etape	%	Con/H	\$/pr.PLN	\$/moy/Com
29-08-01	13:35		3/19	2.10	5012	5239	8597	9750	794/350	0.96	2414.29	1153	-1
30-08-01	09:30	02:45	3/20	2/515	5043	5240	8619	9850	794/350	0.96	2328.09	1231	0
Avion B737 - 200			Nombre de vol = 2		5027.50	5240	8608	5300		0.96	2371.59	1192	0
07-10-01	07:30	09:40	3/16	2/10	4860	5300	8450	10600	794/350	0.92	2442.40	2150	-0
06-10-01	07:25	09:33	3/23	2/08	5206	5300	8787	11.500	794/350	0.98	2484.38	2713	0
Avion B737 - 800			Nombre de vol = 2		5033.00	5300	8618.50	11.050		0.97	2463.39	2431.5	0

LPPG - DAAE

29-08-01			3/19	2.10	5187	5246	8660	9850	815/370	0.99	239032	1190	-26
30-09-01			3/20	2.15	5182	5297	8668	9850	//	0.98	230.11	1182	+25
Avion B737 - 200			Nombre de vol = 2		5184.50	5272	8664	9850		0.98	2346.72	1186	0
06-10-01	11:00	2:58	2/58	2.25	5126	5800	7791	9700	815/350	0.88	2400.00	1909	+150
07-10-01	11:00	13:24	3/01	2/30	5258	5000	7920	8600	//	0.96	2200.00	680	-150
07-10-01 Avion B737-200			Nombre de vol = 1		5192.00	5650	7855.50	9150		0.92	2300	1294.5	0

Avion	Nombre de vole	Tps BLK	Tps A/B	Prévue	Consummé	% sur com	Ch (Kg/h)
B727-200	49	92,96	64,70	194779	208900	0,93	3228,75
B737-200	80	156,41	100,44	190698	209777	0,91	2088,58
B737-800	43	92,02	64,16	96715	127575	0,76	1988,39
B767-300	13	41,75	33,91	108435	113900	0,95	45300
A310-203	08	22,92	17,17	58686	66380	0,88	3866,05
Fpolite Totale	193	406,06	280,38	649313	726532	0,89	2591,24

E-fuel	Con réel	Fuel blk	Prise	AMD	AMA	AC	K	D _{air} (NM)	gain (DR)	Pd DA/HL	Pa DA/HL
5066	5200	10706	16000	5294	5160	134	1.03	357	12861,30	420	632
7115	7400	13051	17700	4649	4364	285	1.0	578	9273,5	420	590
7111	7371	13040	20100	7060	6800	260	1.04	553	1302,20	420	590
Avion B727-200 (7T-VEP)		36797	53800	17003	16324	679	1.04	1488	3515,68		

E-fuel	Con réel	Fuel blk	Prise	AMD	AMA	AC	K	D _{air} (N/M)	gain	Pd DA/HL	Pa DA/HL
5653	6400	11589	17100	5511	4764	747	1.16	430	6424,74	420	590
3535	3600	15019	24200	9181	9116	285	1.01	219	18898,91	420	590
7111	7371	13040	19700	7123	6531	260	1.09	560	10792,48	420	590
Avion B727-200 (7T-VEW)		39648	61000	21815	20411	1292	1.07	1209	35807,13		

E-fuel	Con réel	Fuel blk	Prise	AMD	AMA	AC	K	D _{air} (NM)	gain	Pd DA/HL	Pa DA/HL
4787	4900	10473	15700	5227	5114	113	1.02	182	13015,13	420	632
6108	6400	12042	16000	3958	3666	292	1.08	578	6250,53	420	590
6118	7400	12050	20000	7950	6668	1282	1.09	560	11048,74	420	590
Avion B727-200 (7T-VEV)		34565	51700	17135	15448	1687	1.11	1320	30884,53		

E-fuel	Con réel	Fuel blk	Prise	AMD	AMA	AC	K	D _{air} (NM)	gain	Pd DA/HL	Pa DA/HL
5487	6400	11134	17700	6566	5653	913	1.16	438	7264,11	420	590
5282	5900	11190	17700	6510	5892	618	1.10	429	9422,20	420	590
5312	6400	11195	15400	4205	3117	1088	1.35	455	896,14	420	590
Avion B727-200 (7T-VEX)		33519	50800	17281	14662	2619	1.18	1322	11589,15		

E-fuel	Con réel	Fuel blk	Prise	AMD	AMA	AC	K	D _{ac} (NM)	gain	Pd DA/HL	Pa DA/HL
4973	5000	8566	14000	7551	6839	712	1.10	802	1094240	420	590
3241	4200	5833	8500	2667	1708	959	1.56	476	-212471	420	590
3214	3600	5007	8000	2993	2607	386	1.15	455	3486.86	420	590
3071	3570	5241	7000	1759	1260	499	1.40	438	34150	420	590
1521	2100	4397	7000	2603	2024	579	1.29	182	121946	420	590
Avion B737-800 (7T-VJN)		29044	44500	17573	14438	3135	1.22	2353	1355551		

E-fuel	Con réel	Fuel blk	Prise	AMD	AMA	AC	K	D _{ac} (NM)	gain	Pd DA/HL	Pa DA/HL
5483	5900	8704	14000	5296	4879	417	1.09	855	806255	420	590
3188	3500	5775	8000	2225	1708	1913	1.56	455	-1392,02	420	590
Avion B737-800 (7T-VJL)		14479	22000	7521	6587	2330	1.14	1310	6670,53		

E-fuel	Con réel	Fuel blk	Prise	AMD	AMA	AC	K	D _{ac} (NM)	gain	Pd DA/HL	Pa DA/HL
4946	5300	8790	12200	3410	3056	354	1.12	855	456872	420	590
3515	4170	6216	11800	5584	4931	655	1.13	578	7412,97	420	590
Avion B737-800 (7T-VJK)		15006	24000	8994	7987	1009	1.13	1433	11684,69		

E-fuel	Con réel	Fuel blk	Prise	AMD	AMA	AC	K	D _{int} (NM)	gain (DA)	Pd DA/HL	Pa DA/HL
9211	9600	15127	27300	12173	11784	389	1.03	801	33185,02	420	590
5413	5600	10670	19200	8530	8343	187	1.02	429	16886,85	420	590
Avion B767-300 (7T-VII)		25797	46500	20703	20127	576	1.03	1230	40034,88		

E-fuel	Con réel	Fuel blk	Prise	AMD	AMA	AC	K	D _{int} (NM)	gain	Pd DA/HL	Pa DA/HL
9334	10900	15515	28500	12985	11419	1566	1.14	801	45874,44	420	590
7058	8100	12557	23500	10943	9901	1042	1.11	560	45381,80	420	590
10014	10500	15781	27000	11219	10733	486	1.05	803	49990,94	420	590
Avion A310-203 (7T-VIG)		43853	79000	35147	32053	3094	1.10	2164	54844,49		

E-fuel	Con réel	Fuel blk	Prise	AMD	AMA	AC	K	D _{int} (NM)	gain	Pd DA/HL	Pa DA/HL
11020	11600	16793	30300	12985	11419	1566	1.14	997	45874,44	420	590
6763	7100	1363	21300	10943	9901	1042	1.11	590	45381,80	420	590
Avion A767-300 (7T-VIG)		18156	51600	23928	21320	2608	1.12	1387	3194,44		

	Fuel blk	Prise	ΔMD	ΔMA	ΔC	K	Gain (DA)	Distance parcourue
Avion B737-800 (7T-VJN)	29044	44500	17573	14438	3135	1.22	43555,31	2353
Avion B737-800 (7T-VJL)	14479	22000	7521	6587	2330	1.14	6640,53	1310
Avion B737-800 (7T-VJK)	15006	24000	8994	7987	1009	1.13	41681,69	1433
Avion B727-200 (7T-VEP)	36797	53800	17003	16324	679	1.04	35156,8	1488
Avion B727-200 (7T-VEW)	39648	61000	21815	20411	1292	1.07	35807,13	1209
Avion B727-200 (7T-VEV)	34565	51700	17135	15448	1687	1.11	30284,53	1320
Avion B727-200 (7T-VEX)	33519	50800	17281	14662	2619	1.18	47597,45	1322
Avion B767-300 (7T-VJI)	25797	46500	20703	20127	576	1.03	40037,88	1230
Avion A310-203 (7T-VJC)	43853	79000	35147	32053	3094	1.10	51184,42	2164
Avion A767-300 (7T-VJG)	18156	51600	23928	21320	2608	1.12	31194,21	1587
Totale (28 vols)	276385	441300	179579	162770	16699	1.10	273169,15	15416

Totalité des vols - 28 vols avec une distance parcourue de 110,416 Mm.
 un gain de 233160,88.

Codes et abréviations « PLAN DE VOLS TECHNIQUES »

A

- A FEUL : la quantité de carburant réelle.
- AFR : la quantité de carburant réelle restante.
- ALT : aérodrome de dégagement.
- ATA : temps réel d'arrivée.
- AW / TRK : nom de l'airway ou route vraie.
- AWY : la route aérienne.

B

- BASIC : la masse de base.
- B/D : délestage.

C

- CFU : consommation cumulée.
- CLI : montée.
- Comp : composante de vent.
- CT : temps total cumulé depuis le décollage.

D

- DEV : dérivation de la température standard.
- DEST : destination.
- DST : distance.
- DSTR : distance restante.

E

- EB/D : délestage estimé.
- EFR : carburant restant estimé.
- ELAW : masse d'atterrissage estimée.
- ELEV : élévation.
- EPLD : la charge offerte estimée.

ETA : heure d'arrivée prévue .
ETD : heure de départ prévue .
ETME : temps estimé .
ETOW : masse de décollage estimée .
EZFW : masse sans carburant estimé .

F

FL : niveau de vol .
FOB : carburant a bord .
FREQ : fréquence radio .

G

G/S : vitesse sol .

K

KG : kilogramme .
KT : nœud .

L

LB : livres .
LRC : criocère longue distance .

M

M : moins .
M : mach .
MCS : la route magnétique .
MET : informations météorologiques .
MH : cap magnétique .
ML DW : masse maximale a l'atterrissage .
MORA : altitude minimale de la route .
MXSH : vent vertical maximum .
MZFW : masse maximale sans carburant .

N

NM : mille nautique .

NM : mille .

O

OAT : température ambiante extérieure .

P

P : plus .

PROGS : augures météorologiques .

S

S : vent vertical .

T

TA : vitesse vraie .

TCS : route vraie .

TME : temps .

TOC : sommet de la montée .

TOD : sommet de la descente .

TP : tropopause .

V

VAR : variation magnétique .

W

Wind : vent prévu (direction et vitesse) .

WPT : point de passage .

WT : la masse .

X

XTR : carburant supplémentaire .

Z

ZDST : distance partielle pour tronçon .

ZFU : consommation partielle pour tronçon .
ZT :

temps partiel pour tronçon

AIR ALGERIE
 RECTION DES OPERATIONS
 S/D EXPLOITATION

Liste des Aérodrômes

N°	Code	Aérodrome	Pays
1	DAAE	Bejaia	A
2	DAAG	Alger	A
3	DAAJ	Djanet	A
4	DAAT	Tamanrasset	A
5	DAAV	Jijel	A
6	DABB	Annaba	A
7	DABC	Constantine	A
8	DABS	Tebessa	A
9	DABT	Batna	A
10	DAOO	Oran	A
11	DAOR	Bechar	A
12	DAUG	Gardaia	A
13	DAUH	Hassi Messaoud	A
14	DRRN	Niamey	Q
15	DTTA	Tunis	V
16	EBBR	Bruxelle	B
17	EBCI	Charleroi	F
18	EDDB	Berlin	D
19	EDDF	Frankfurt	D
20	EGKK	Gatwick	I
21	EGLL	London	I
22	GABS	Bamako	L
23	GMMN	Csablanca	N
24	HECA	Caire	M
25	HLLT	Tripolie	U
26	LBSF	Sofia	U
27	LEAL	Alicante	E
28	LEBL	Barcelone	E
29	LEMD	Madrid	E
30	LEPA	Paima de Mallorca	E
31	LFBD	Bordeaux	F
32	LFBO	Toulouse	F
33	LFJL	Metz	F
34	LFLL	Lyon	F
35	LFML	Marseille	F
36	LFMN	Nice	F
37	LFPG	Paris CDG	F
38	LFQQ	Lille	F
39	LIRF	Rome	S
40	LKPR	Prague	R
41	LSGG	Geneve	G
42	LTBA	Istanbul	J
43	OBBI	Bahrain	K
44	OEJN	Jerdah	O

AIR ALGERIE
DIRECTION DES OPERATIONS
S/D EXPLOITATION

Liste des Aérodrômes

N°	Code	Aérodrome	Pays
45	OJAL	Amman	H
46	OLBA	Beyrouth	C
47	OMDB	Doubai	X
48	OSDI	Damas	W
49	UUÉE	Moscow	P

Liste des pays

N°	Code	Pays	Prix carburant (DA/HL)
1	A	Algerie	420
2	B	Belgique	490
3	C	Liban	433
4	D	Allemagne	543
5	E	Espagne	500
6	F	France	590
7	G	Suisse	466
8	H	Jordanie	592
9	I	Royaume uni	589
10	J	Turquie	487
11	K	Bahrain	650
12	L	Mali	502
13	M	Egypte	510
14	N	Maroc	532
15	O	Arabie Saoudite	239
16	P	Russie	375
17	Q	Niger	459
18	R	Tchéque	702
19	S	Italie	555
20	T	Libye	399
21	U	Bulgarie	681
22	V	Tunisie	632
23	W	Syrie	733
24	X	EAU	230

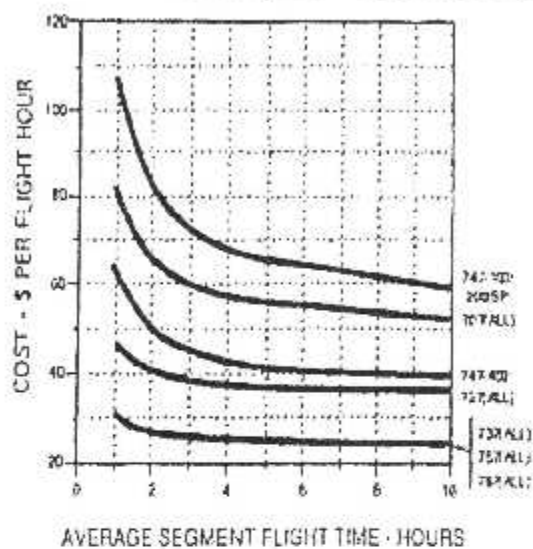
AIR ALGERIE
 DIRECTION DES OPERATIONS
 S/D EXPLOITATION

Liste des Avions

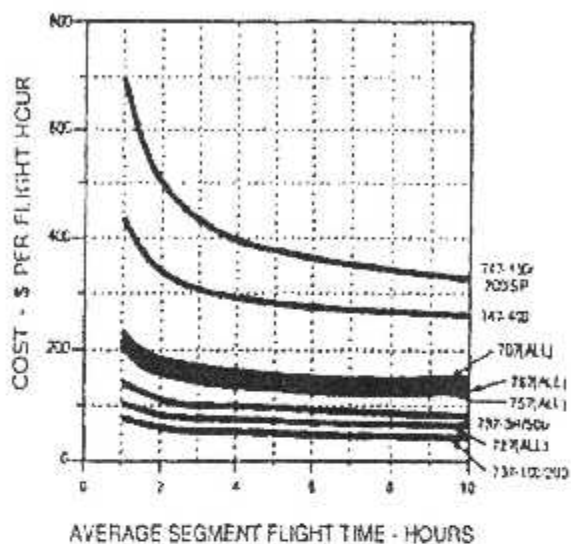
N°	Immatriculation	Type avion	Coût maintenance (DA/h)	Coût P.N (DA/h)
1	7T-VJC	A310-200VJC	10236	2680
2	7T-VJD	A310-200VJD	10365	2700
3	7T-VJG	B767-300VJG	10698	2351
4	7T-VJH	B767-300VJH	10702	2360
5	7T-VJI	B767-300VJI	10690	2400
6	7T-VJJ	B737-800VJJ	8500	1560
7	7T-VJK	B737-800VJK	8460	1584
8	7T-VJL	B737-800VJL	8395	1498
9	7T-VJM	B737-800VJM	8590	1600

Les graphes : 2 ; 3 ; 4 ; 5

Graphes des coûts de la maintenance réacteurs

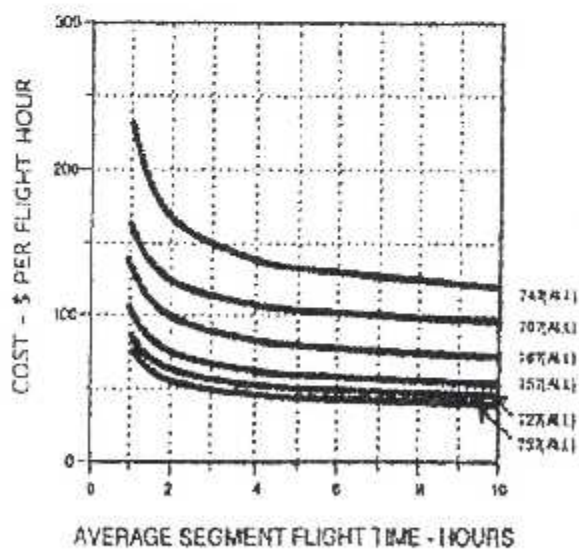


- Coûts de la main d'œuvre -
figure -2-

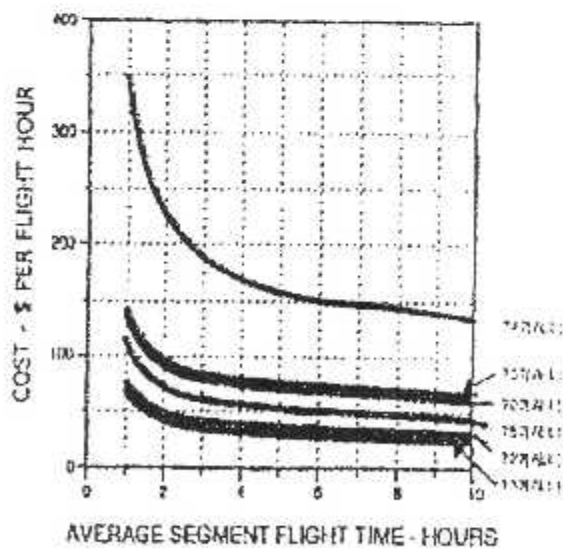


- Coûts des pièces de maintenance -
figure -3-

Graphes des coûts de la maintenance structure



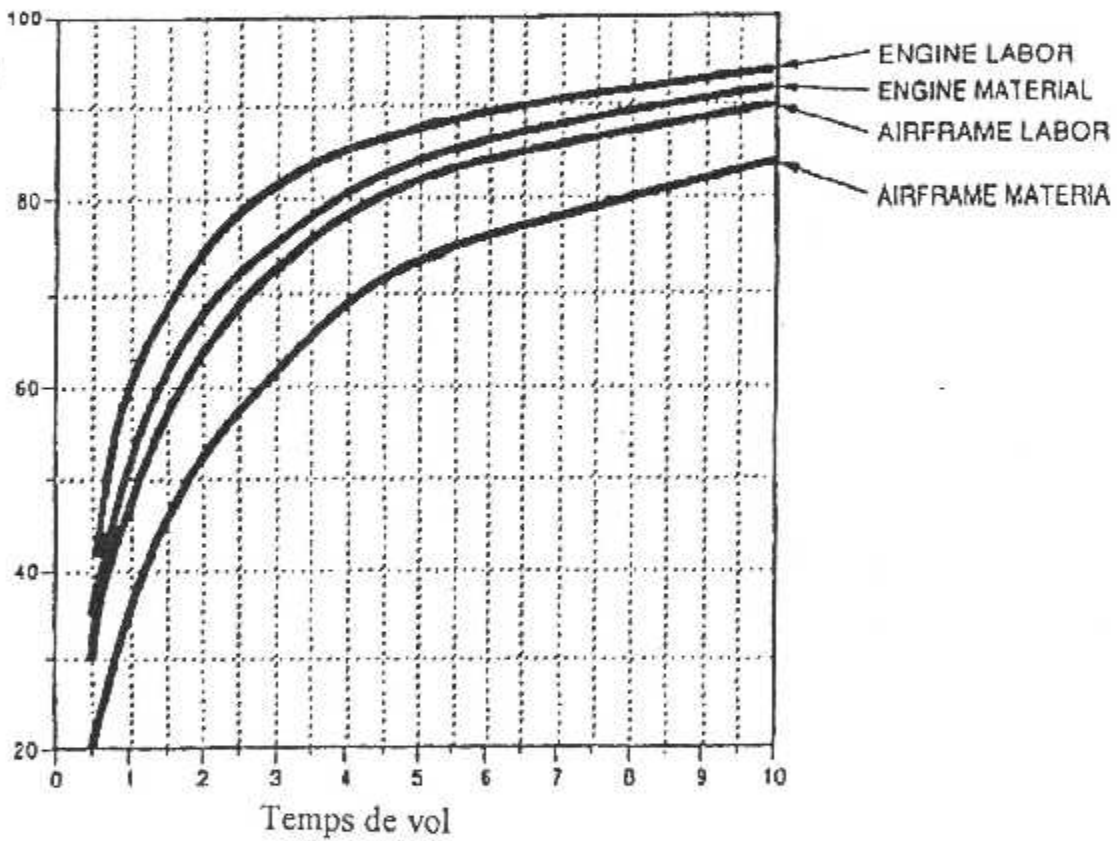
- Coût de la main d'œuvre -
figure -4-



- Coût de la pièce de structure -
figure-5-

3. Le constructeur peut supprimer la partie fixe dans chacun des coûts précédents, il propose le graphe (figure 6) donnant la partie du coût qui est liée à l'heure de vol.

Pourcentage des coûts
Avec l'heure de vol



Pourcentage des coûts directs de la maintenance liés avec l'heure de vol
Figure (6)

Bibliographie

[1]-Opérations aériennes TOME II, Méthodes d'exploitation, par M.MRTIN .

[2]- THESE : ANALYSE DES VOLS SUIVI DE CONSOMMATION CARBURANT DE B727-200 ET 737-200,REALISER PAR AICHI TARIK promotion 1998-1999.

[3]- Thèse :Elaboration d'un logiciel de calcule du COST INDEX « COST INDEX SOFTWARE » (B767-300, B737-800, A310-203, réaliser par : LAMRI ADEL et GOUDJIL SAMIR, PROMOTION 2000-2001.

[4]- THESE : calcule de la quantité de carburant pour une etape de vol présenté par M.MADENE ABDEL GHANI PROMOPTION 1998-1999.

[5]-ARTICLES SUR LA CONSERVATION DE CARBURANT :

- 1) Maintenance for drag reduction NEWSLETTER N°5,Janvier 1982.
- 2) Manitenance for reduced fuel burn NEWSLETTER N°12, Octobre- Decembre 1983.
- 3) Engine out taxi BOEING AIRLINER ,1998.
- 4) Taxi with engine(s) shut down NEWSLETTER N°9, Janvier 1983.
- 5) Wind effects during cruise
- 6) Cost index NEWSLETTER , MARSE 1986.
- 7) conserving fuel is still important NEWSLETTER N°26 Avril-Juin 1987.
- 8) Optimum cruise altitude NEWSLETTER N°21, Janvier - Marse 1986.

[6]- OPS MANUEL . Boeing (B737 / 600 / 800) .