

République Algérienne Démocratique et Populaire

Ministère de l'Enseignement Supérieure et de la Recherche Scientifique

UNIVERSITE SAAD DEHLEB –BLIDA

Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales



Mémoire De Master

Spécialité : Opérations Aériennes

Thème

**Impact économique du COST INDEX dynamique pour
Tassili Airlines**

Encadré par : **Mr. DRIOUCHE Mouloud.**

Mr. BOUAMRANI Farid

Présenté par :

LAICHE Ismail

BOUZIOUKH Mohamed Walid

Résumé :

Ce mémoire fut rédigé dans le cadre du projet de fin d'études dont l'objectif est la démonstration de l'importance du cost index ainsi que son efficacité dans l'optimisation des vols afin de garantir une meilleure rentabilité pour les compagnies aériennes.

Abstract :

This report was drafted to the project of graduation, of which its objectif is the demonstration of the cost index importance as well as its efficiency in the optimization of the flights to guarantee a better profitability for airline companies.

ملخص:

أعد هذا التقرير في إطار تحضير مشروع نهاية الدراسة بهدف إظهار أهمية "مؤشر التكلفة" وكذلك كفاءته للاستفادة المثلى من الرحلات لضمان تحسين أرباح الشركات الطيران.

Remerciements

Nous remercions Dieu le tout puissant, de nous avoir inspiré et accordé santé et clairvoyance pour accomplir cette modeste contribution.

Nous adressons nos vifs et sincères remerciements à notre promoteur monsieur DRIUCHE Mouloud et notre encadreur BOUAMRAOUI Farid qui nous ont encadré, pour les orientations qu'ils nous ont prodiguées en vue de réaliser ce projet et c'est grâce à leurs conseils judicieux, leurs encouragements et patience que nous avons pu atteindre notre objectif.

Notre profonde reconnaissance va également au jury pour avoir bien voulu consacrer un temps précieux à l'évaluation de notre mémoire.

Notre gratitude va à tous les enseignants de l'institut, auprès desquels, un savoir inestimable a été acquis et qui, aujourd'hui, nous permet de prétendre au master.

Dédicaces

A mes très chers parents

Aucun mot, aucune dédicace ne peut exprimer mon respect et ma reconnaissance envers vous.

Trouvez en ce travail, fruit de votre dévouement, de votre patience, l'expression de ma gratitude et mon profond amour.

Je t'aime maman, je t'aime papa et sachez que je vous suis très reconnaissant pour tous les sacrifices que vous avez consentis pour mon instruction et mon bien être.

*A mon très cher frère : **Amine,***

*A mes très chères sœurs :
Hayet, Samah, Amina et Hosna,*

*A ma très chère belle-sœur : **Soumia,***

*Mes remerciements les plus vifs vont bien évidemment à ma fiancée **IMANE** dont la présence et le soutien sans limite ont éclairé mes journées et m'ont permis de tenir dans les moments difficiles, je vous dédie ce modeste travail qui n'aurait jamais vu le jour sans ton aide, tes conseils et tes encouragements.*

A toute ma gronde famille,

A mes professeurs,

*A mon cher binôme, ami et frère **Mohamed Walid,***

A tous mes amis,

A tous ceux qui m'ont aidé de près ou de loin, Je dédie ce travail avec hommage.

ISMAIL

Dédicaces

Toutes les lettres ne sauraient trouver les mots qu'il faut... Tous les mots ne sauraient exprimer la gratitude, L'amour, le respect, la reconnaissance... Aussi, c'est tout simplement que je dédie ce modeste travail

***A mes chers parents** Aucune dédicace ne saurait être assez éloquente pour exprimer ce que vous méritez pour tous les sacrifices que vous n'avez cessé de me donner depuis ma naissance, durant mon enfance et même à l'âge adulte.*

Que ce modeste travail soit l'exaucement de vos vœux tant formulés, le fruit de vos innombrables sacrifices, bien que je ne vous en acquitterai jamais assez.

***À ma chère sœur Noudjoud** En témoignage de mon affection fraternelle, de ma profonde tendresse et reconnaissance, je te souhaite une vie pleine de bonheur et de succès et que Dieu, le tout puissant, te protège et vous garde.*

***À ma chère fiancée B.Sonia,** qui a toujours été à mes côtés pour tout l'amour et le soutien que tu m'as offert tous ce travail est à toi.*

***À mon binôme Ismail** en souvenir de notre sincère et profonde amitié et des moments agréables que nous avons passés ensemble.*

À tous mes amis, Pour tous les instants inoubliables que j'ai passés avec vous. Je vous souhaite le succès dans vos vies. A tous ceux que j'aime et qui m'aiment. Je dédie ce travail espérant avoir répondu à leurs souhaits de me voir réussir.

MOHAMED WALID

SOMMAIRE

LISTE DES FIGURES

LISTE DES TABLEAUX

INTRODUCTION GENERALE

CHAPITRE 1 : PRESENTATION DE LA COMPAGNIE TASSILI AIRLINES

1.1. Introduction	1
1.2. Organisation du Groupe TAL.....	1
1.2.1. Historique.....	1
1.2.2. Présentation du groupe TAL:.....	1
1.2.3. Structure de l'organisation :.....	2
1.2.4. Politique de Tassili Airlines.....	4
<input type="checkbox"/> Sécurité des vols :.....	4
<input type="checkbox"/> Sûreté aérienne :.....	4
<input type="checkbox"/> Qualité :.....	4
<input type="checkbox"/> Hygiène, santé, sécurité et environnement (HSE) :.....	5
1.2.5. Prestations rendues :.....	5
1.2.6. Environnement :.....	5
1.2.7. Les différentes missions de Tassili Airlines :.....	6
1.2.8. Missions de la direction d'exploitation :.....	6
1.3. Développement :.....	7
1.3.1. Destinations :.....	7
1.3.2. Flotte Tassili Airlines :.....	10
1.3.3. Ressources humaines :.....	11
1.3.4. Segmentation du marché :.....	13
1.3.5. Tassili Airlines et l'économie nationale :.....	13
1.4. DESCRIPTION ET CARACTERISTIQUES GENERAUX DU B737-800 NG :	14
1.4.1. Généralités :.....	14
<input type="checkbox"/> Les dimensions de B737-800	14
1.4.2. Limites d'emploi :.....	16

CHAPITRE 2 : TERMINOLOGIES ET NOTIONS DE BASES

2.1. INTRODUCTION :	17
2.2. Définition du cost index:	18
2.3. Utilisation du cost index:	18
2.3.1. Variation de pratiques des compagnies aériennes:	19
2.4. Facteurs affectant le <i>cost index</i>:	19
2.4.1. La structure des coûts d'exploitation dans les compagnies aériennes:	19
2.4.1.1. Les coûts directs d'exploitation :	20
2.4.1.2. Les coûts indirects d'exploitation :	21
2.5. RELATION ENTRE LES PROFILS DE VOL ET LE COST INDEX:	24
2.5.1. Effet de l'indice du coût sur les phases de montée et de descente:	24
2.5.1.1. Phase de montée :	24
2.5.1.2. Phase de descente :	25
2.5.2. Effet de l'indice du coût sur la phase Croisière:	26
2.5.2.1. Phase de croisière avec un indice du coût nul :	28
2.5.2.2. Phase de croisière avec un indice du coût positif :	30
2.6. IMPORTANCE DU CALCUL D'UN INDICE DU COUT POUR CHAQUE VOL :	31
2.7. ACTUALISATION DE L'INDICE DU COUT AU COURS DU VOL :	31
2.8. CONCLUSION :	32
 CHAPITRE 3 : CALCUL DU COST INDEX	
3.1. INTRODUCTION :	33
3.2. METHODE DE CALCUL :	33
Exemples de calcul :	33
3.2.1. Coût du carburant :	34
3.2.2. Coût du personnel Navigant :	35
3.2.3. Coût de maintenance :	36

3.3. HYPOTHESES DE CALCUL :	36
3.3.1. Description d'un vol typique :	36
3.4. ENVIRONNEMENT DE TRAVAIL :	37
3.4.1. Plan de vol exploitation :	37
3.4.1.1. Informations du plan de vol :	37
3.5. APPLICATION NUMERIQUE :	40
3.6. Analyse des résultats :	44
3.6.1. Vols nationaux :	44
3.6.2. Vols internationaux :	44
3.7. CONCLUSION	44

CHAPITRE 4 : MISE EN APPLICATION

4.1. INTRODUCTION :	45
4.2. APPLICATION NUMERIQUE :	45
4.3. ANALYSE DES RESULTATS :	49
4.4. IMPACT ECONOMIQUE :	49
4.4.1. Gain financier :	49
4.4.2. Gain en temps de vol :	49
<input type="checkbox"/> Heures de vol supplémentaires à vendre :	49
<input type="checkbox"/> Moins Visites de maintenance des avions (A-check) :	50
<input type="checkbox"/> Ponctualité des vols (moins de retard)	50
4.5. AMELIORATIONS FUTURES :	51
5. CONCLUSION :	51

LISTE DES FIGURES

<i>Figure 1.1. Organigramme d'ensemble de la compagnie Tassili Airlines</i>	2
<i>Figure 1.2. Organigramme général de la direction exploitation</i>	3
<i>Figure 1.2. Flotte Tassili Airlines</i>	10
<i>Figure 1.4. Répartition des effectifs par métier</i>	11
<i>Figure 1.5. Répartition du personnel du service exploitation</i>	12
<i>Figure 1.6. Dimensions et disposition générale de B737-800</i>	15
<i>Figure 2.1 Les coûts d'opération en fonction de la vitesse et de l'indice du coût</i>	17
<i>Figure 2.2. Valeurs extrêmes du cost index</i>	18
<i>Figure 2.3. Coût d'exploitation</i>	23
<i>Figure 2.4. Effet de l'indice du coût sur la phase de montée</i>	25
<i>Figure 2.5. Effet de l'indice du coût sur la phase de descente</i>	26
<i>Figure 2.6. Effet de la diminution du poids sur le débit de carburant en relation avec la vitesse</i>	28
<i>Figure 2.7. Distance spécifique SR en fonction de la vitesse de l'avion pour une altitude et une masse fixe avec $\alpha = 0$</i>	29
<i>Figure 2.8. Distance spécifique en fonction de la vitesse de l'avion et de l'altitude de vol pour $\alpha = 0$</i>	30
<i>Figure 3.1. Phases typiques d'un vol commercial</i>	36
<i>Figure 4.2. Gain financier</i>	49
<i>Figure 4.3. Gains en temps de vols</i>	50

LISTE DES TABLEAUX

<i>Tableau 1.1. Vols nationaux de la compagnie Tassili Airlines</i>	8
<i>Tableau 1.2. Vols internationaux de la compagnie Tassili Airlines</i>	9
<i>Tableau 2.1. Coûts directs et indirects d'exploitation</i>	22
<i>Tableau 3.1. Prix du carburant</i>	35
<i>Tableau 3.2. Coût du personnel Navigant de TAL</i>	35
<i>Tableau 3.3. Coût de maintenance de TAL</i>	36
<i>Tableau 3.4. Calcul du cost index optimale</i>	43
<i>Tableau 4.1. l'impact économique du cost index dynamique</i>	48

INTRODUCTION GENERALE

Le transport aérien fait face à la pression accrue pour réduire son utilisation de carburant par suite à l'augmentation continue de toutes les charges encourues par les compagnies aériennes en plus de la rude concurrence qui est présente dans le secteur aéronautique. La réduction de la consommation de carburant, dans la planification des vols commerciaux, ne représente qu'une seule partie des économies des coûts.

La chute du coût du baril de pétrole ces deux dernières années a eu pour effet que les autres dépenses qui ne sont pas reliées à la consommation de carburant ont pris plus d'importance aux yeux des compagnies aériennes. En particulier, les dépenses causées par les retards des vols ne cessent d'augmenter, Cette augmentation continue des dépenses reliées aux retards est due au fait que les organismes gouvernementaux imposent aux compagnies aériennes des règlements de plus en plus stricts par rapport aux retards. D'autre part, parallèlement à ces charges qui augmentent, la rude compétition imposée par les compagnies à bas prix et les autres moyens de transport comme les trains à très grande vitesse, conduit à une réduction des prix des billets d'avions. Toutes ces contraintes ont obligé les constructeurs et les compagnies aériennes à chercher des moyens permettant d'opérer leurs appareils plus efficacement pour assurer leur survie.

Il existe plusieurs procédures opérationnelles, qui pourraient avoir un impact significatif sur l'utilisation de carburant. parmi les outils mis à la disposition des compagnies aériennes par les constructeurs, on retrouve l'indice du coût qui est un paramètre à déterminer dans le système de gestion de vol et qui permet aux compagnies aériennes de déterminer la vitesse optimale de vol en tenant compte des deux composantes principales du coût total du vol et qui sont le carburant consommé et les dépenses reliées à la durée de vol.

Malgré l'existence du concept d'indice du coût depuis plusieurs dizaines d'années et l'important potentiel de ce paramètre dans la réduction du coût total du vol, son utilisation par les compagnies aériennes est loin d'être optimale.

Ainsi, on présente dans ce projet l'importance de l'actualisation du cost index et son l'impact économique pour les compagnies aériennes.

Tandis que de nombreux facteurs influencent les coûts d'un vol, tels que les frais d'assurance, achat/location, frais d'aéroport ou le contrôle du trafic aérien (ATC), ce mémoire va se concentrer exclusivement sur ceux ayant un effet direct sur le coût du vol, soit ceux relatifs à l'indice de coût.

CHAPITRE 1

PRESENTATION DE LA COMPAGNIE TASSILI AILINES

1.1. Introduction

La concrétisation du présent projet s'est observé au niveau de la compagnie algérienne TASSILI AIRLINES dont on décrit dans cette partie ses aspects fondamentaux ainsi que l'un des appareils de sa flotte qui sera exploiter pour l'exécution de cette ligne qui est le Boeing 737-800 tout en référenciant ses caractéristiques générales.

1.2. Organisation du Groupe TAL

1.2.1. Historique

Tassili Airlines a été créé le 30 mars 1998, et a effectué ses premiers vols en avril 1999. À l'origine, il s'agissait d'une joint-venture entre le groupe pétrolier algérien *Sonatrach* (51% du capital social) et la compagnie aérienne *Air Algérie* (49% du capital social).

Sa mission était de réaliser des services aériens dédiés aux sociétés pétrolières et parapétrolières en Algérie. En avril 2005, le groupe *Sonatrach* a racheté les parts que détenait *Air Algérie* pour en faire une filiale à part entière (Une filiale à 100% de *Sonatrach*).

En octobre 2010 une convention a été signée avec le ministère de la santé algérien pour la fournitures d'équipages et d'avions capables d'assurer des évacuations sanitaires depuis le grand sud algérien vers les hôpitaux du nord du pays, pour la prise en charge des maladies graves (cancer, blessures graves...).

Aujourd'hui, Tassili Airlines évolue en accomplissant de nouvelles missions variées dans les services aériens en Algérie; elle contribue ainsi au renforcement du système de transport national et à l'essor de l'économie algérienne, à la satisfaction de nombreux clients.

1.2.2. Présentation du groupe TAL:

La compagnie aérienne *TASSILI AIRLINES*, filiale à 100% du groupe *Sonatrach* assure le transport de la grande relève du *Groupe Sonatrach*, filiales et associations, un réseau régulier grand public domestique et un réseau régulier grand public international.

Sa mission principale est d'offrir à sa clientèle un service de qualité en alliant sécurité et efficacité. La ponctualité constitue l'une de ses plus grandes priorités. Pour ce faire, la compagnie met en exploitation des appareils modernes et apporte une attention particulière à leur maintenance et une qualité de service irréprochable à bord.

1.2.3. Structure de l'organisation :

La compagnie aérienne Tassili Airlines englobe sept (07) départements généraux Ainsi que six (06) directions et trois (03) délégations qui sont :

Délégation Est ; Délégation Oust et la Délégation Sud.

Le tout étant sous la direction du Président Directeur Général, comme le montre le schéma ci-dessous :

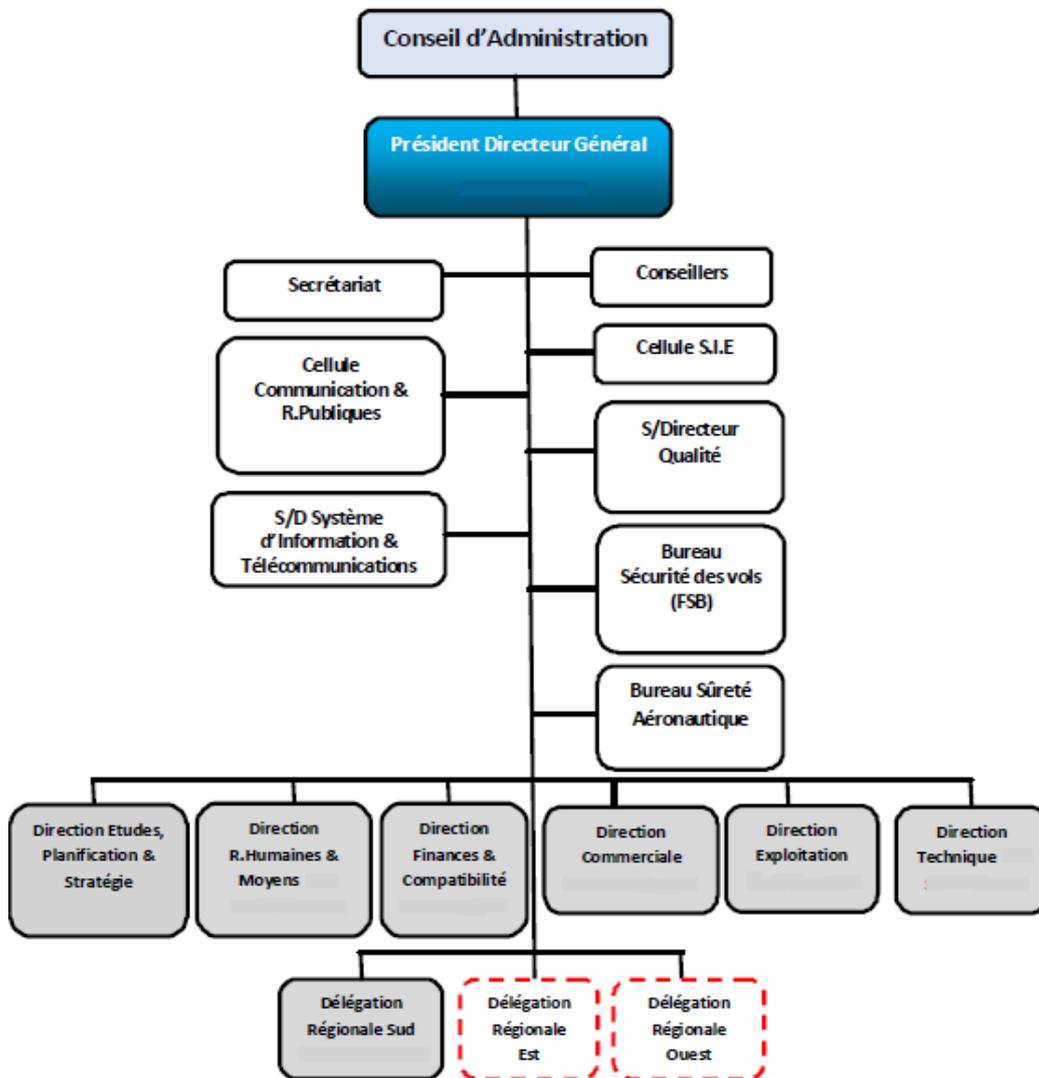


Figure 1.1. Organigramme d'ensemble de la compagnie Tassili Airlines

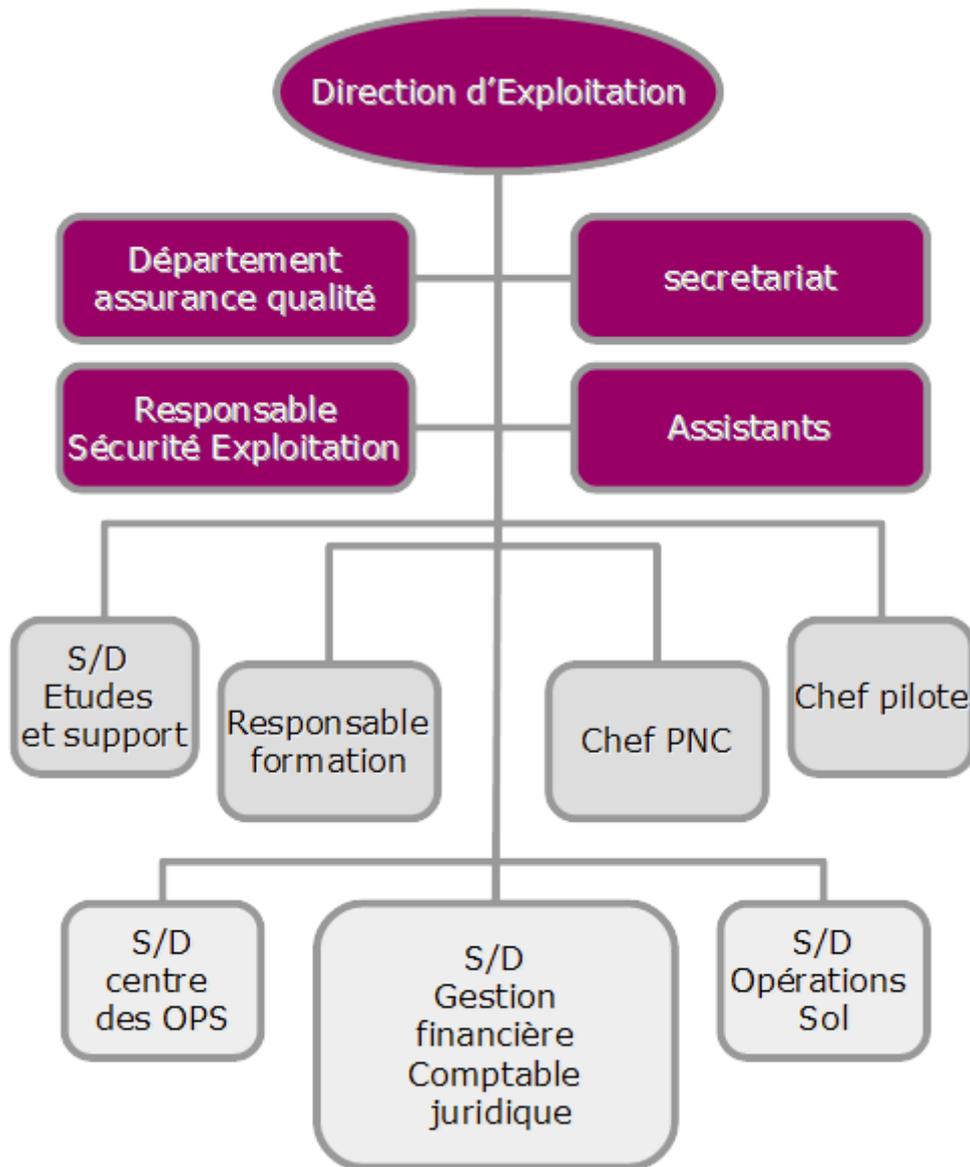


Figure 1.2. Organigramme général de la direction exploitation

1.2.4. Politique de Tassili Airlines

Articulée autour de sept principaux engagements :

- Qualité.
- Certification IOSA.
- Sécurité des vols.
- Sûreté Aérienne.
- HSE.
- Système de Gestion de la Sécurité.
- Ressources Humaines.

➤ **Sécurité des vols :**

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

➤ **Sûreté aérienne :**

Le Programme de sûreté aérienne est une exigence résultant de l'Annexe 17 de l'OACI et concerne la protection des personnes et des biens contre tout acte d'intervention illicite.

- Création de la structure chargée de la Sûreté Aérienne.
- Élaboration du programme de sûreté de la Compagnie.

➤ **Qualité :**

Implémentation du Système de Gestion Qualité (SGQ) exigé par la réglementation nationale et internationale ;

- Programme d'Audit Qualité 2011 approuvé et en cours d'exécution.
- Sensibilisation du personnel de Tassili Airlines en matière de Qualité et de Facteur Humain.
- Surveillance permanente de l'application des procédures règlementaires.
- Application du principe de l'amélioration continue.

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

Application effective de la politique du Groupe SONATRACH en matière d'hygiène, santé, sécurité et environnement ;

- Maitrise des risques professionnels en entreprise.
- Coordination des travaux en vue de l'obtention des certifications ISO 14001 et OHSAS 18001 dès 2012.

1.2.5. Prestations rendues :

◆ **Charter Pétrolier** (SH et filiales, Associations, Groupements)

◆ **Services aériens à la demande** (Institutions, clubs sportifs et autres).

◆ **Transport Passagers Grand public :**

- Domestique depuis Mars 2013.
- International à partir de Novembre 2014.
- Charter Touristique National et International.
- Travail aérien (filiale TTA) lavage des isolateurs, surveillance des lignes à haute tension, des installations pétrolières (pipe-line), épandage, ensemencement etc.

1.2.6. Environnement :

Tassili Airlines en sa qualité d'opérateur aérien évolue dans un environnement soumis à une réglementation nationale et internationale stricte.

À l'échelle internationale, les différentes conventions (Chicago et Varsovie) et autres traités définissent cet environnement à travers l'OACI qui veille au strict respect de la notion du « ciel unique ». A l'échelle nationale, le code de l'aviation civile et la loi 98-06 et le décret exécutif 43-2000 portant conditions et modalités de l'exploitation des services aériens sont les principaux textes régissant l'activité aérienne. L'acte de naissance de toute compagnie aérienne est validé par l'autorité de régulation DACM /MT. Le Code du commerce vient définir quant à lui le contour lié aux aspects de gestion.

70% des effectifs de la compagnie (personnel navigant, maintenance et de Production) sont régis par la réglementation cf. décret exécutif 09-206, en matière de sélection, formation, suivi professionnel et médical (CEMPN/MDN) et enfin régime de travail cf. décret exécutif n°10-140.

1.2.7. Les différentes missions de Tassili Airlines :

La société a pour objet l'organisation et l'exploitation de services aériens de transport par aéronef, sur le réseau national et international, dans le domaine suivant :

- Réalisation des vols réguliers.
- Réalisation des vols à la demande.
- Affrètement d'avions.
- Entretien technique des avions.
- Formation du personnel technique aéronautique.
- Activité connexe.
- Toutes autres opérations industrielles, commerciales, financières et immobilières se rattachant directement ou indirectement à son objet social.

1.2.8. Missions de la direction d'exploitation :

Dans le cadre des objectifs généraux de la Compagnie, et sous l'autorité du Directeur Général, le Directeur d'Exploitation a pour missions de :

- Exécuter le programme d'exploitation arrêté par la Compagnie dans des conditions de sécurité, de régularité, de qualité et de rentabilité économique conformément à la réglementation aéronautique nationale et internationale et aux procédures de la Compagnie.
- Mettre en œuvre, coordonner et contrôler la bonne exécution de l'ensemble des activités qui ont pour but la préparation, l'exécution, le suivi et le contrôle des vols programmés.
- Veiller à l'application des procédures de gestion du risque et de gestion du changement concernant la Direction d'Exploitation.
- Mettre à disposition les compétences et ressources nécessaires de la Direction d'Exploitation pour le fonctionnement du SGS (Système de Gestion de la Sécurité), en particulier pour la gestion des risques.
- Mettre en œuvre les actions préventives et correctives relevant la Direction Exploitation.
- Mettre à disposition les compétences et ressources nécessaires pour le fonctionnement du SGS, en particulier pour la gestion des risques.
- S'assurer que les personnels sous leur autorité ont suivi les formations adéquates.
- Remonter au responsable Qualité & Sécurité toute information pertinente nécessaire à l'accomplissement de ses tâches ;
- Mettre en œuvre les actions préventives et correctives relevant de son domaine.

1.3. Développement :

1.3.1. Destinations :

La compagnie Tassili Airlines dessert les principaux aéroports algériens, notamment ceux proches des zones pétrolifères ou de gisements de gaz naturel du Sahara algérien tels que les aéroports d'Hassi Messaoud, d'Hassi R'Mel et de Zarzaitine. En juillet 2013, elle ouvre ses premières destinations des vols réguliers nationaux et internationaux au grand public :

VOLS NATIONAUX		
Destinations	Aéroport	Code OACI
Adrar	Cheikh Sidi Mohamed Belkebir	DAUA
Alger	Houari Boumediene	DAAG
Annaba	Rabah Bitat	DABB
Batna	Mostapha Ben Boulaid	DABT
Bejaïa	Soummam - AbaneRamdane	DAAE
Béchar	Boudghene Ben Ali Lotfi	DAOR
Constantine	Mohamed Boudiaf	DABC
Djanet	Tiska	DAAJ
El Oued	Guemar	DAUO
Ghardaïa	Noumérat - Moufdi Zakaria	DAUG
Hassi Messaoud	Oued Irara - KrimBelkacem	DAUH
HassiR'Mel	Tilrhemt	DAFH
Illizi	Takhamalt	DAAP
In Amenas	Zarzaïtine	DAUZ
Oran	Ahmed Ben Bella	DAOO
Sétif	08 mai 1945	DABS
Tamanrasset	Hadj Bey Akhamok	DAAT
Tindouf		DAOF
Tlemcen	Zenata - Messali El Hadj	DAON
El-Bayadh		DAOY

Tableau 1.1. Vols nationaux de la compagnie Tassili Airlines

VOLS INTERNATIONAUX		
Destinations	Aéroport	Code OACI
Lyon	Lyon-Saint-Exupéry	LFLY
Marseille	Aéroport de Marseille	LFML
Nantes	Aéroport de Nantes Atlantique	LFRS
Paris	Charles de Gaulle	LFPL
Strasbourg	Entzheim	LFST

Tableau 1.2. Vols internationaux de la compagnie Tassili Airlines

1.3.2. Flotte Tassili Airlines :

La flotte de Tassili Airlines se compose de trente-et-un aéronefs, comme le montre le schéma ci-dessous :

Type d'appareil	nombre	capacité
Boeing 737-8	4	155 sièges
Bombardier Q400	4	74 sièges
Bombardier Q200	4	37 sièges
Beechcraft 1900D	3	19 sièges
Cessna C 208 B	4	9 sièges
Pilatus PC-6	5	7 sièges
Bell 206	7	5 sièges
Total	31	206

Figure 1.3. Flotte Tassili Airlines

1.3.3. Ressources humaines :

1.1.1.1 Répartition des effectifs par métier :

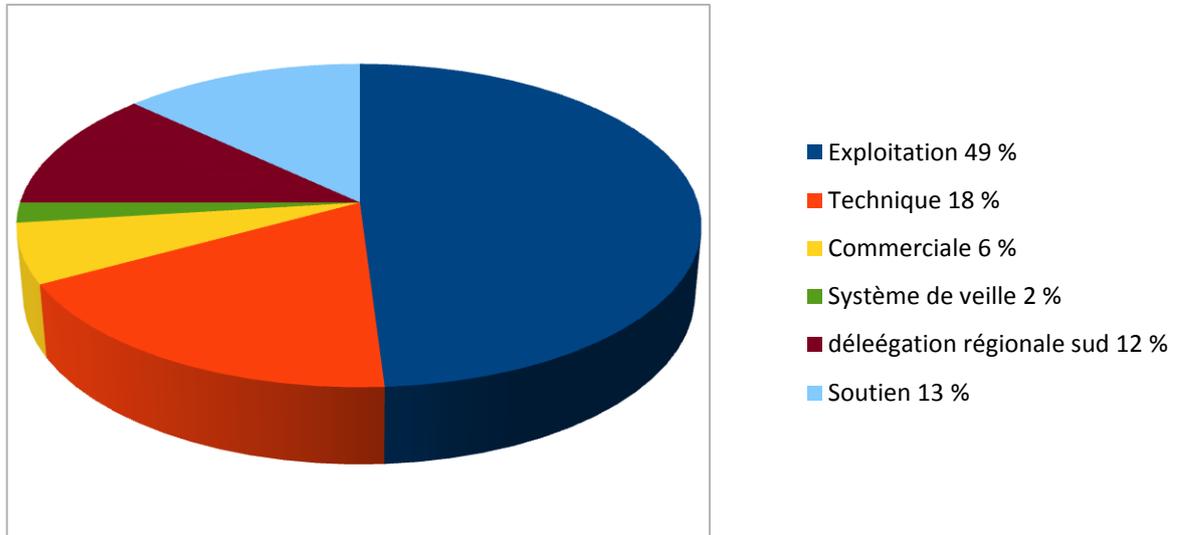


Figure 1.4. Répartition des effectifs par métier

1.1.1.2 Répartition du personnel du service Exploitation :

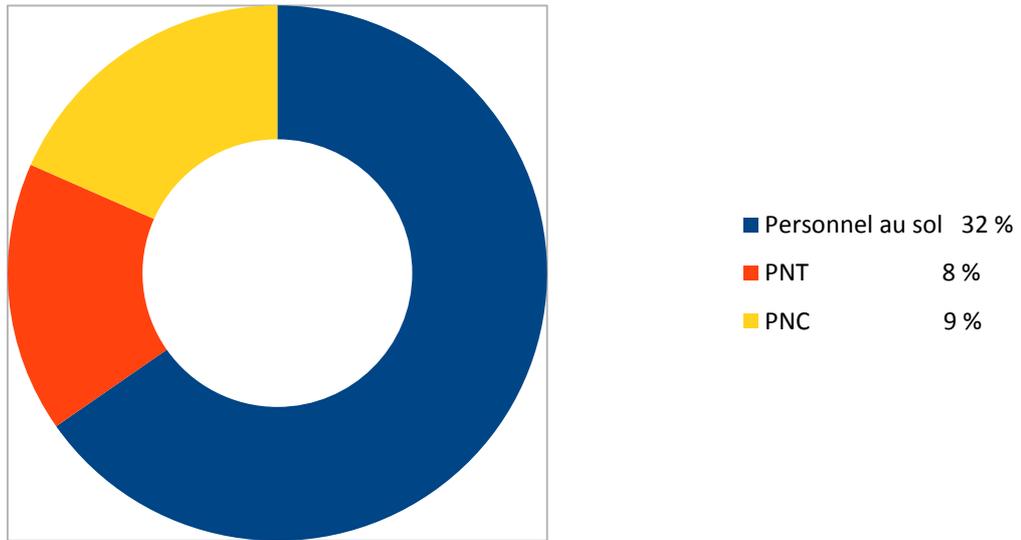


Figure 1.5. Répartition du personnel du service exploitation

1.3.4. Segmentation du marché :

Depuis 2013, Tassili Airlines a investi le segment grand public en desservant 25 villes à travers 34 lignes dont 29 concernent le réseau domestiques :

- 24 Nord-Sud et intra-sud.
- 05 Intra-Nord.
- 05 à l'international.

Priorité donnée à la connexion des villes du Sud vers le nord, conformément aux orientations des pouvoirs publics.

1.3.5. Tassili Airlines et l'économie nationale :

Le rôle et la dimension de Tassili Airlines dans l'économie nationale vont en s'affirmant. Au premier plan, s'agissant de son activité dans le secteur des hydrocarbures, de par son statut de filiale à 100% d'une société de l'envergure de Sonatrach, lequel en fait un des éléments de la chaîne de production énergétique en Algérie. Au second plan, la compagnie, qui a investi, depuis peu, le segment de transport grand public domestique et international contribue à offrir à celui-ci une alternative de qualité en matière de transport aérien, basée sur une approche qui fait de la sécurité, de la sûreté et du confort de ses passagers sa principale vocation. En plus de ses moyens propres, Tassili Airlines a lancé, en vue d'une prise en charge optimale de ses activités durant cette saison, une opération d'affrètement de 02 avions supplémentaires.

Mais également et depuis le 06 Novembre 2016, le lancement d'un appel d'offre international en vue de l'acquisition de:

- Trois (03) avions, module 155 sièges
- Un (01) avion, module 70 sièges

Cet apport en capacité permettra d'avoir une meilleure flexibilité dans l'exécution des différents programmes, de satisfaire les besoins de *l'industrie pétrolière nationale* tout en conférant à la compagnie la possibilité de faire face à toute éventualité de nature opérationnelle ou commerciale.

1.4. Description et caractéristiques généraux du B737-800

NG :

1.4.1. Généralités :

Le Boeing 737-800 est la version la plus vendue de la famille 737 Next-Génération, reconnu pour sa fiabilité, son efficacité énergétique et sa performance économique, le 737-800 est sélectionné par les transporteurs du premier plan à travers le monde, car il fournit aux opérateurs la flexibilité nécessaire pour desservir un large éventail de marchés. Le jet des monocouloirs, qui peut accueillir entre 155 à 189 passagers, peut voler 260 miles nautiques plus loin et de consommer de carburant de 7 pour cent de moins tout en transportant 12 passagers de plus que le modèle concurrent.

Le premier vol de cet avion a eu lieu le 31 juillet 1997, il a été mis en service en 1998.

La compagnie TASSILI AIRLINES a acquis ce model en 2011 constituant ainsi l'un des plus récents de sa flotte.

1.4.1.1. Caractéristiques dimensionnelles :

- **Encombrement général :**
 Envergure maxi : 34,32 m
 Longueur totale : 39,48 m
 Hauteur totale : 12,50 m
- **Voilure :**
 Surface : 125 m²
 Dièdre à 25% de la corde de profil : 25,02°
- **Atterrisseurs :**
 Type tricycle
- **Amortisseurs :**
 AV oléopneumatique et AR oléopneumatique
- **Groupe Turboréacteur :**
 Type : CFM International CFM56-7B27 (X2)

➤ **Les dimensions de B737-800**

La figure suivante montre la disposition générale de B737-800 et les dimensions primaires pour une configuration avec Wingles ;

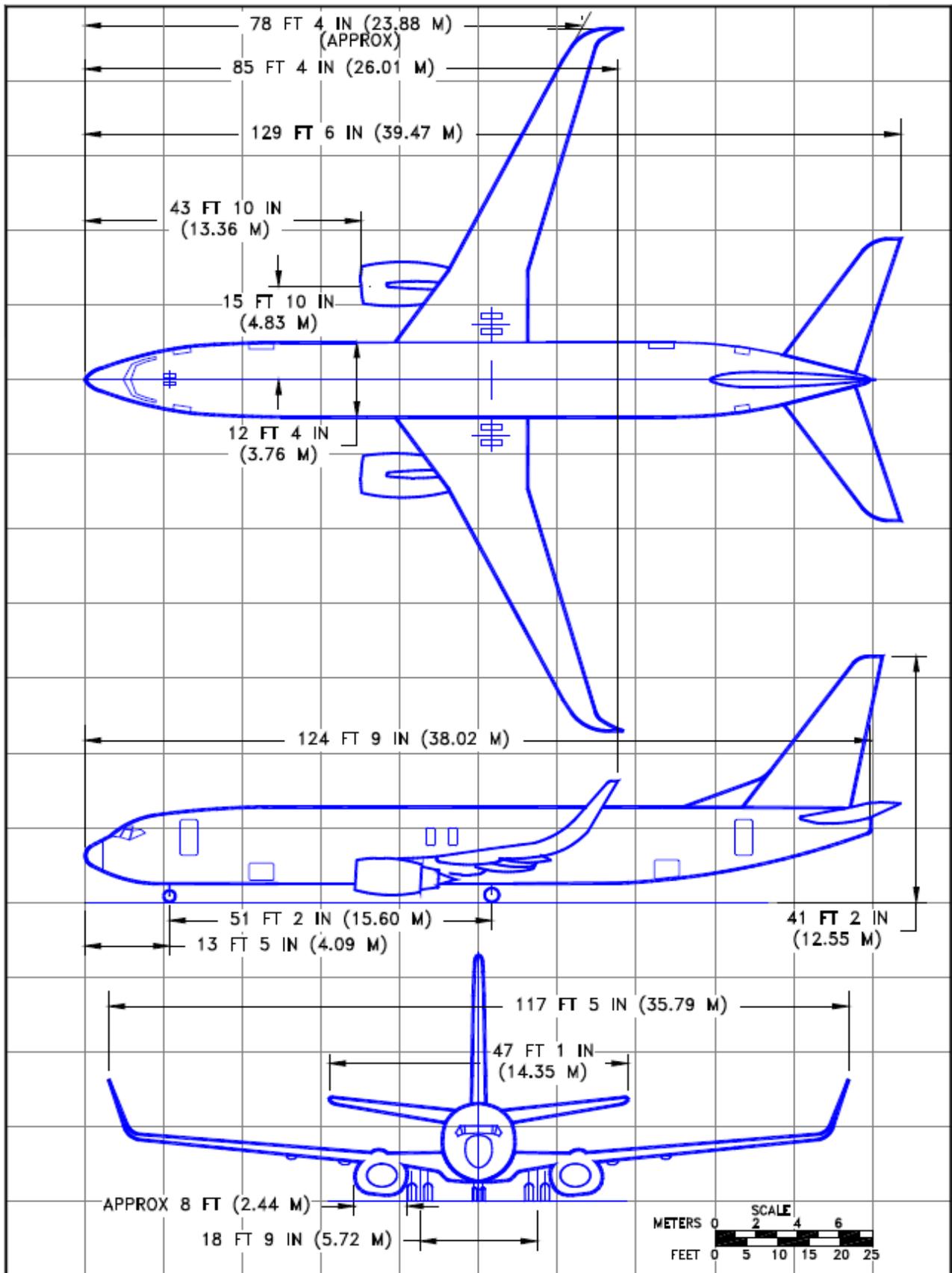


Figure 1.6. Dimensions et disposition générale de B737-800

1.4.2. Limites d'emploi :

1.4.2.1. Limitations cellule :

Maximum Taxi Weight	72000 kg
Maximum Takeoff Weight	65300 kg
Maximum Landing Weight	65300 kg
Maximum Zero Fuel Weight	61600kg

1.4.2.2. Limitations performance:

Vitesse de croisière:	Mach 0.78 (828 km/h).
Vitesse maximale:	Mach 0.82 (876 km/h).
Autonomie à pleine charge:	3115 NM (5765 KM).
Distance de décollage à pleine charge:	2400 m (au niveau de la mer).
Plafond Operational:	12500 m (FL 41)

CHAPITRE 2

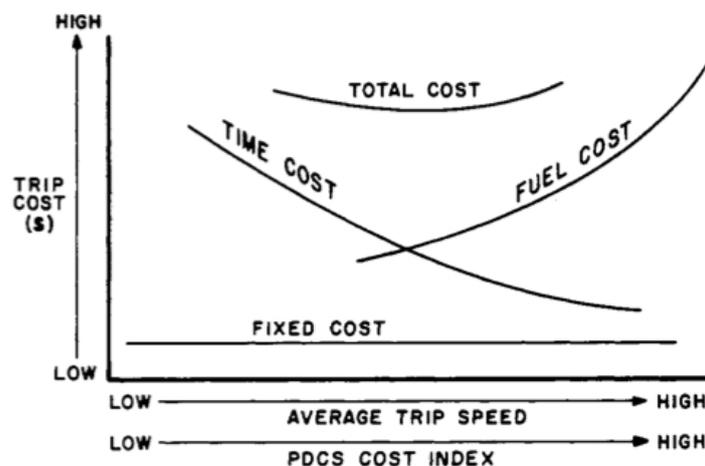
TERMINOLOGIES ET NOTIONS DE BASE

2.1. Introduction :

Depuis les années quatre-vingt, la plupart des acteurs dans le domaine aéronautique sont devenus conscients qu'il n'y avait pas que les coûts liés à la consommation de carburant dont il fallait tenir compte lors de l'élaboration d'un plan de vol. DeJonge et Syblon (1984) expliquent que les dépenses liées à la durée de vol occupent une grande part du coût total d'opération d'un vol commercial. Ils introduisent la notion d'indice du coût en expliquant les facteurs dont ce paramètre dépend et ce qu'il représente. Ils définissent l'indice du coût comme étant un réel à déterminer dans l'ordinateur de bord afin de déterminer l'importance des dépenses liées au temps par rapport aux dépenses liées au carburant.

Ces auteurs évoquent également une autre caractéristique du système des opérations aériennes modernes qui augmente considérablement les coûts dus aux retards. De nos jours, de plus en plus de compagnies aériennes opèrent leurs vols selon un réseau en étoile qui se base sur un ou plusieurs points de connexion centraux qui sont reliés aux destinations périphériques. Dans ce système d'opération, un vol donné se dirige vers le point de connexion central en transportant à bord plusieurs groupes de passagers qui vont prendre d'autres vols au départ de ce point de connexion central afin d'atteindre leurs destinations finales. Par conséquent, un retard dans le premier vol retarderait des passagers appartenant à plusieurs autres vols et rendrait leur accommodement plus compliqué et plus coûteux.

En revanche, comme le montre la figure 2.1, bien que les chercheurs étaient conscients du fait qu'il faut tenir compte des coûts liés à la durée de vol ainsi que des coûts liés à la consommation de carburant lors de la détermination de l'indice du coût, ils représentaient ces coûts d'une façon grossière qui cache les difficultés résidant dans la détermination de l'indice du coût optimal et qui ne montre pas la vraie nature des fonctions qui composent le coût total du vol.



TRIP COST VS. AVERAGE TRIP SPEED
(FOR GIVEN TRIP/AIRPLANE)

Figure 2.1. Les coûts d'opération en fonction de la vitesse et de l'indice du coût (figure tirée de DeJonge et Syblon (1984)).

2.2. Définition du cost index:

Le **cost index** est un outil flexible pour contrôler la brûlure de carburant et le temps de voyage pour obtenir la meilleure économie globale. C'est un paramètre très important dans la détermination du coût total minimal, Il est donné par le rapport entre le coût d'opération d'une heure de vol et le coût unitaire du carburant.

$$CI = \frac{Ct}{Cf}$$

- CI : Cost Index (*kg/min*)
- CF : coût du carburant (*\$/kg*)
- CT : coût du temps (*\$/min*)

2.3. Utilisation du cost index:

Puisque l'économie du carburant et les coûts liés au temps de vol sont contrebalancé, Une technique qui réduit la brûlure de carburant exige souvent plus de temps de voyage.

Si des coûts de carburant étaient la priorité primordiale, (dans le cas où le coût de carburant était beaucoup plus significatif que les coûts du temps), donc l'indice de coût serait bas.

- Avec le coût zéro de temps, le FMS piloterait l'avion au Mach pour la gamme de Max (MMR).

Cependant si le coût de carburant était très bas comparé aux coûts liés au temps, donc la vitesse serait importante et le CI serait haut.

- Avec le coût zéro de carburant, le FMS piloterait l'avion juste au-dessous de MMO.

En pratique, aucune des valeurs extrêmes n'est utilisée, au lieu de cela, beaucoup d'opérateurs utilisent des valeurs basées sur leur structure de coût et leurs priorités d'exploitation.

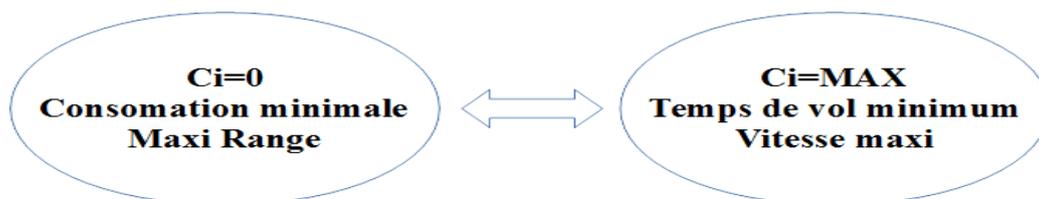


Figure 2.2. Valeurs extrêmes du cost index

2.3.1. Variation de pratiques des compagnies aériennes:

Les pratiques des compagnies aériennes diffèrent de l'une par rapport à l'autre, cette différence est liée aux exigences spécifiques des opérateurs. Quelques cas sont cités ci-dessous:

- l'utilisation du *cost index* pour se rapprocher du long range cruise (LRC)
- l'utilisation du *cost index* entre LRC et maximum range cruise (MRC)
- un *cost index* plus élevé s'il y a lieu pour programmer un vol sans tenir compte du coût du carburant
- Variation du *cost index* selon les prix du carburant sans tenir compte du temps de vol
- calcul du *cost index* ayant pour résultat la vitesse de croisière entre MRC et LRC
- calcul du *cost index* ayant pour résultat la vitesse de croisière légèrement au-dessous de la LRC
- adoption du *cost index* par une adaptation pour les exigences de vitesse seulement

2.4. Facteurs affectant le *cost index*:

Comme exposé plus tôt, entrant un CI nul dans le FMC aboutirait à un vol avec une consommation minimale de carburant, et l'entrée d'une valeur maximale dans le FMC aboutirait à un vol de temps minimal. Cependant, en pratique, le CI utilisé par un opérateur pour un vol particulier réside entre ces deux extrêmes. Les facteurs affectant le CI incluent des coûts directs liés au temps d'exploitation et des coûts de carburant.

2.4.1. La structure des coûts d'exploitation dans les compagnies aériennes:

Afin d'optimiser les opérations d'une compagnie aérienne, il ne suffit pas de maximiser les recettes mais il faut aussi tenir compte des coûts et trouver le compromis qui maximise les gains nets.

Les frais d'exploitation d'un avion de transport ne se limitent non seulement au carburant, mais aussi à une série d'autres frais fixes ou variables. On peut néanmoins distinguer deux catégories de coûts d'exploitation : les coûts directs d'exploitation et les coûts indirects d'exploitation.

2.4.1.1. Les coûts directs d'exploitation :

Les coûts directs d'exploitation sont répartis sur deux catégories :

- Les coûts directs liés au vol, c'est à dire les dépenses de carburant et des lubrifiants, la rémunération du Personnel Navigant Technique (PNT), les redevances aéroportuaires, les redevances de contrôle du trafic aérien, le coût des assurances ;
- Les coûts liés au matériel volant formés par les dépenses d'entretien, d'amortissement et de location de l'avion et de ses accessoires. Ces différents coûts représentent environ la moitié du coût total d'exploitation (voir tableau 1.2). La part relative de chacun de ces postes va dépendre du type d'appareils et de moteurs utilisés, les appareils de technologie récente étant plus économes en carburant D'autre part, certains de ces coûts seront très sensibles aux variations du prix du pétrole (voir tableau 1.1).

a. Les coûts liés aux temps:

Le numérateur du *cost index* est souvent appelé *des coûts d'exploitations directes liées au temps* (moins le coût de carburant). Les articles comme des salaires d'équipage peuvent avoir un coût horaire associé, comme ils peuvent avoir un coût fixe et n'avoir aucune variation avec les heures de vol. Les moteurs, les unités auxiliaires de puissance (APU) et les avions peuvent être loués à l'heure ou possédés et les coûts de maintenance peuvent être calculés à l'heure, ou par des cycles. En conséquence, chacun de ces articles peut avoir un coût horaire direct ou un coût fixe ayant aucune relation avec les heures de vol.

Dans le cas où ces coûts sont élevés, la compagnie devra utiliser un *cost index* plus grand pour minimiser le temps et ainsi le coût.

Dans le cas où la plupart des coûts sont fixés, le *cost index* est potentiellement très bas parce que la compagnie aérienne essaye principalement de minimiser le coût de carburant.

b. Le coût du carburant:

Le coût de carburant est le dénominateur du rapport du *cost index*, bien que ceci semble simple, des soucis tels que les prix de carburant fortement variables selon les régions, la

couverture du carburant (*fuel hedging*) et le ravitaillement peuvent rendre ce calcul compliqué.

2.4.1.2. Les coûts indirects d'exploitation :

Ces coûts indirects sont principalement composés des coûts administratifs et commerciaux.

L'ensemble des coûts indirects peut représenter une part importante des coûts d'exploitation, notamment pour les grandes compagnies aériennes qui peuvent engager des dépenses annexes, notamment dans le domaine de la commercialisation (points de vente dans les principales artères commerciales des grandes capitales, campagnes de promotion et de publicité grand public, utilisation de zones spéciales dans les aéroports).

Les coûts indirects d'exploitation comprennent quatre types principaux de coûts :

- Les coûts d'étapes correspondant aux dépenses d'assistance au sol des avions et des passagers.
- Les coûts associés au service de bord (commissariat, personnel navigant commercial).
- Les frais commerciaux et de réservation.
- Les frais généraux administratifs.

Les compagnies aériennes cherchent à offrir un service attrayant pour les passagers afin de les fidéliser et de remplir les avions; tout en faisant le compromis entre qualité du produit et coûts. Toutefois, ces coûts ne cessent d'augmenter. Certaines de ces compagnies ont fait des efforts considérables pour réduire leurs coûts généraux et administratifs. Quant aux frais de commercialisation, ils ont tendance à s'accroître très fortement compte tenu de l'environnement concurrentiel de cette activité. Mais avec l'explosion du nombre des compagnies à bas coûts (les low cost), certains transporteurs (même des compagnies traditionnelles) réduisent de telles dépenses en se servant des nouveaux moyens de communication tels qu'Internet pour faire leurs promotions ou vendre les places à travers leur site Web.

		1980	1990	1999
Coûts directs d'exploitation				
Coûts directs de vols	PN	8%	7%	8%
	Carburant	28%	15%	11%
	Charges d'atterrissage et redevances de route	5%	4%	7%
Maintenance		11%	11%	11%
Dépréciation, assurance		6%	7%	7%
Total (%)		60	50	53
Coûts indirects d'exploitatio				
Stationnement et service au sol		11%	12%	11%
Services offerts aux passagers		9%	10%	11%
Frais commerciaux et de réservation		14%	16%	14%
Frais généraux et administratifs		6%	11%	12%

Tableau 2.1. Coûts directs et indirects d'exploitation

En résumé, si on considère la desserte d'une liaison bien déterminée, les coûts résultant de l'opération sur cette desserte peuvent être classés selon trois catégories :

Tout d'abord, il y a ceux qui sont liés à la fréquence mise en place et qui contiennent entre autres le carburant nécessaire, le salaire des PN et qui peuvent être regroupés dans la valeur coût unitaire relatif à la fréquence notée C_f .

Ensuite on trouve ceux qui sont liés aux passagers dont on cite les services de bord et les services au sol qui sont regroupés dans : C_p représentant donc le coût par passager.

Enfin, il y a les coûts fixes de la compagnie qui sont des frais indépendants des vols mais qui doivent être comptés tels que les salaires du personnel administratif, ces coûts fixes seront regroupés dans une constante qui sera notée C_o .

Le coût total d'un voyage spécifique est la somme de coûts précédent. Généralement, les coûts fixes ne sont pas inclus dans l'index de coût (CI), comme le coût de possession d'un avion (assurance, location, achat, etc.). Il en est de même pour les coûts liés aux cycles, ceux-ci étant liés au nombre de vols et non pas au temps de vol. Ainsi, de ces facteurs, seuls ceux qui sont directement influencés par le temps de vol seront considérés, dont voici quelques exemples :

- Salaire du personnel de bord;
- Frais d'entretien reliés au temps de vol;
- Dépréciation ou frais de location relatifs aux heures de vol supplémentaires.

Évidemment, d'autres frais pourraient s'appliquer selon le degré de précision requis, tels que les coûts des heures supplémentaires, la satisfaction de la clientèle, les frais de retards imputés par les aéroports, etc.

Ainsi, cette valeur est laissée à la discrétion de l'opérateur selon le degré de précision que ce dernier juge adéquat.

La formulation de base pour le coût d'un vol est la suivante :

$$C = C_f \cdot \Delta f + C_t \cdot \Delta t + C_c$$

- CF : coût du carburant (\$/kg)
- CT : coût du temps (\$/h)
- CC : coûts fixes (\$)
- ΔF : carburant brûlé pendant le vol (kg)
- ΔT : temps du vol (h)

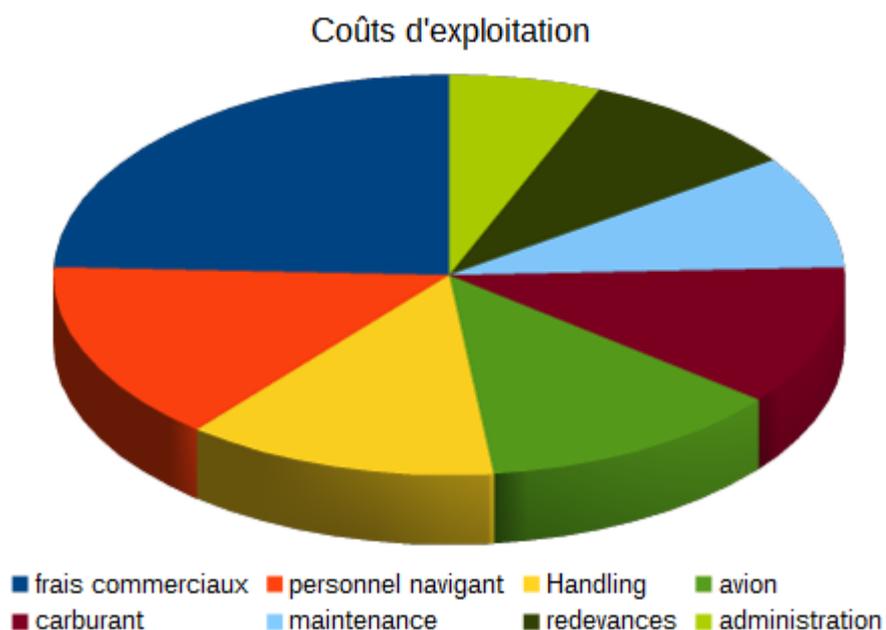


Figure 2.3. Coût d'exploitation

2.5. Relation entre les profils de vol et le cost index:

Définitions de la distance spécifique, de l'indice du coût et de la vitesse optimale :

Afin de minimiser la masse de carburant consommé, pour chaque arc de la trajectoire, le code de la méthode OTA maximise la distance spécifique qu'on notera SR pour «Specific Range».

La distance spécifique est la distance parcourue pour un kg de carburant consommé et elle s'exprime en km/kg). Elle est définie par :

$$SR = \frac{V}{F(v) + \alpha}$$

Où V est la vitesse de l'avion, F(V) est la consommation de carburant par unité de temps à vitesse V et α est l'indice du coût. On désigne par V α la vitesse qui maximise SR pour un indice du coût α .

2.5.1. Effet de l'indice du coût sur les phases de montée et de descente:

Le changement de l'indice du coût affecte non seulement la phase de croisière mais aussi les phases de montée et de descente.

2.5.1.1. Phase de montée :

La montée d'un avion commercial est généralement régie par quelques restrictions que sont les stratégies d'atténuation du bruit, les obstacles, le trafic et les limitations de vitesse.

Cependant, l'algorithme ayant pour fonction d'optimiser la montée et non pas de simplement établir une route selon ces restrictions, une montée générale sera plutôt étudiée. Deux limites doivent cependant être maintenues, étant des règles générales applicables dans la plupart des circonstances et ayant une influence sur les performances. Il y a d'abord la certification de l'aéronef contre les impacts aviaires, propre à l'avion, et la limite de vitesse sous FL100, valable dans plusieurs pays comme le Canada et les États-Unis.

Le graphique suivant représente l'influence du cost index sur les profils de montée, On peut constater que; plus le cost index est élevé:

- la trajectoire de montée moins profonde ;
- distance de montée plus longue ;
- le TOC (Top Of Climb) plus loin.

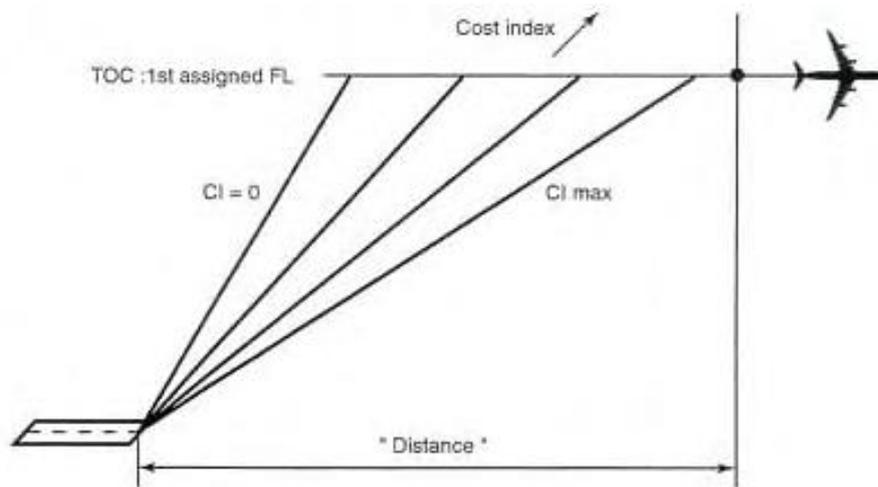


Figure 2.4. Effet de l'indice du coût sur la phase de montée

Autrement dit ; L'indice du coût nul a la plus grande vitesse ascensionnelle puisque l'avion a pour but d'atteindre l'altitude de croisière le plus rapidement possible pour consommer moins de carburant. Lorsqu'on augmente l'indice du coût, la vitesse ascensionnelle diminue afin de permettre à l'avion de gagner plus de distance horizontale et de diminuer la durée de vol.

2.5.1.2. Phase de descente :

Deux types de descente sont actuellement utilisés dans l'industrie, soit la descente par paliers et la descente en continu. Pour la descente par paliers, celle-ci s'apparente à un escalier, c'est-à-dire que le pilote va exécuter la descente sur différents paliers d'altitude jusqu'à l'approche finale. Sur chacun de ces paliers, la puissance motrice devra être légèrement augmentée afin de maintenir une altitude constante.

Du côté de l'approche à descente continue, ou la « continuous descent approach », cette dernière consiste en une technique relativement nouvelle qui ne possède actuellement aucune définition internationale à défaut d'un consensus. Voici néanmoins celle définie par l'agence Eurocontrol:

«Continuous Descent Approach is an aircraft operating technique in which an arriving aircraft descends from an optimal position with minimum thrust and avoids level flight to the extent permitted by the safe operation of the aircraft and compliance with published procedures and ATC instructions»

Pour ce type de descente, comme son nom l'indique, elle consiste à laisser le moteur au régime ralenti tout en effectuant une descente graduelle jusqu'à l'approche finale. Cette technique a pour avantage de diminuer la consommation de carburant en éliminant les paliers où la puissance doit être majorée tout en réduisant le bruit, l'avion n'effectuant pas de courte croisière à basse altitude.

La figure 2.5. Montre l'effet de l'indice du coût sur la phase de descente. Pour les faibles indices du coût, la priorité est donnée à la minimisation de la consommation de carburant. L'avion descend donc en utilisant le moins possible la poussée des moteurs. Il s'en suit que pour les faibles indices du coût, l'avion entame sa descente plus tôt. Par contre, pour les valeurs élevées de l'indice du coût, la priorité est donnée à la minimisation de la durée de vol. L'avion garde son altitude de croisière le plus longtemps possible afin de garder sa vitesse optimale puis effectue une descente rapide.

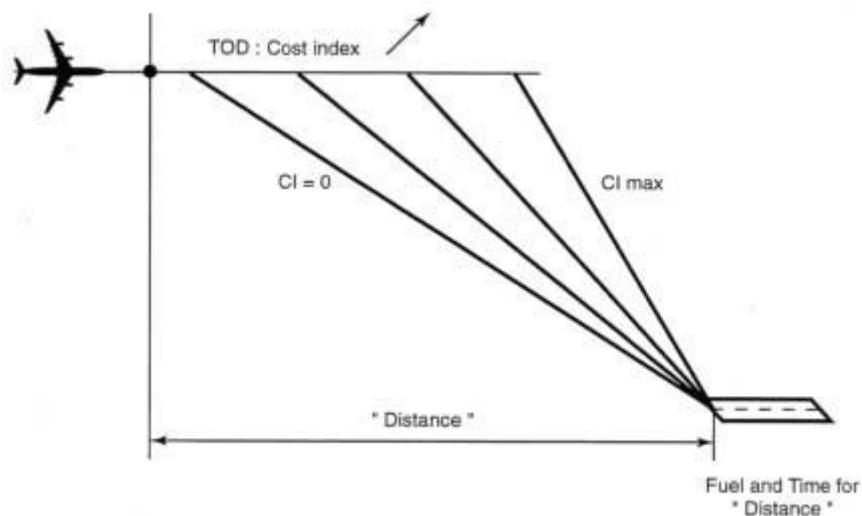


Figure 2.5. Effet de l'indice du coût sur la phase de descente

2.5.2. Effet de l'indice du coût sur la phase Croisière:

Pour un petit avion, tel qu'un monomoteur à piston, la phase de croisière se réduit simplement à une altitude et une vitesse constante. Mais pour la plupart des avions commerciaux où le

carburant transporté constitue une proportion importante du poids total de l'avion, la réalité est tout autre.

Par exemple, un Cessna Skylane d'un poids total de 1338 kg peut transporter au maximum 191 kg de carburant, pour une proportion carburant/poids totale de 14 %. Pour le L-1011, avec un poids maximum de 245,000 kg selon le PDB, incluant 91,000 kg de carburant, la proportion est plutôt de 40 %. Ainsi, pendant le vol, la différence du poids total entre le début et à la fin de la croisière peut varier de façon importante. Cette variation a une influence significative sur la vitesse et l'altitude optimale de l'avion.

Si l'on considère un vol à vitesse constante, la poussée requise doit nécessairement égaler la traînée, dont cette dernière se définit de la façon suivante :

$$Tr = \frac{W}{Cl/Cd}$$

- W: poids (kg)
- Cl: coefficient de portance
- Cd: coefficient de traînée.

Considérant les équations suivantes pour les deux coefficients :

$$Cl = \frac{W}{0.5 \rho V^2 S}$$

$$Cd = Cd_0 + \frac{Cl^2}{\pi e AR}$$

- ρ : densité de l'air (kg/m³)
- V : vitesse du vol (m/s)
- Cd₀, e, AR, S, sont des constantes propres à l'avion (voir la liste des abréviations).

Selon ces équations, une diminution du poids (W) fera diminuer à la fois (Cl) et (Cd) en plus de diminuer la poussée requise. Cependant, le (Cl) dans l'équation de (1.13) étant à la puissance 2, la variation ne sera pas proportionnelle. Ainsi, un changement de poids implique nécessairement un changement des autres variables non constantes telles que la vitesse (V) ou l'altitude, sachant que la densité de l'air (ρ) diminue avec l'altitude.

La première figure 2.6. , compare l'effet de la diminution du poids sur le débit de carburant en relation avec la vitesse.

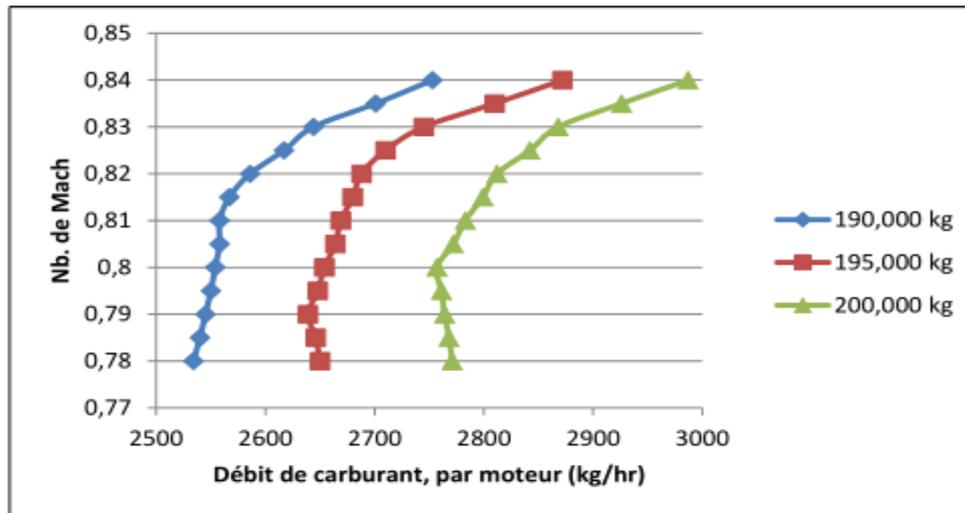


Figure2.6. Effet de la diminution du poids sur le débit de carburant en relation avec la vitesse

En général, nous pouvons dire que, à un indice du coût donné:

- ✓ Plus haut le niveau de vol, plus grand sera le mach ECON ;
- ✓ Plus grand la masse de l'avion, plus grand sera le Mach ECON.

2.5.2.1. Phase de croisière avec un indice du coût nul :

Si l'indice du coût est nul alors la minimisation du coût total du vol conduit à la minimisation de la consommation de carburant sans se soucier des coûts associés à la durée de vol. Dans ce cas, la distance spécifique prend la forme :

$$SR = \frac{V}{F(v)}$$

Comme le montre la figure 2.7 tirée de Airbus (2002), si on fixe la masse de l'avion et l'altitude de vol, la distance spécifique augmente en fonction de la vitesse de l'avion jusqu'à une valeur maximale puis diminue lorsqu'on augmente encore la vitesse de l'avion. On désignera par V_0 la vitesse qui maximise la distance spécifique pour un indice du coût nul.

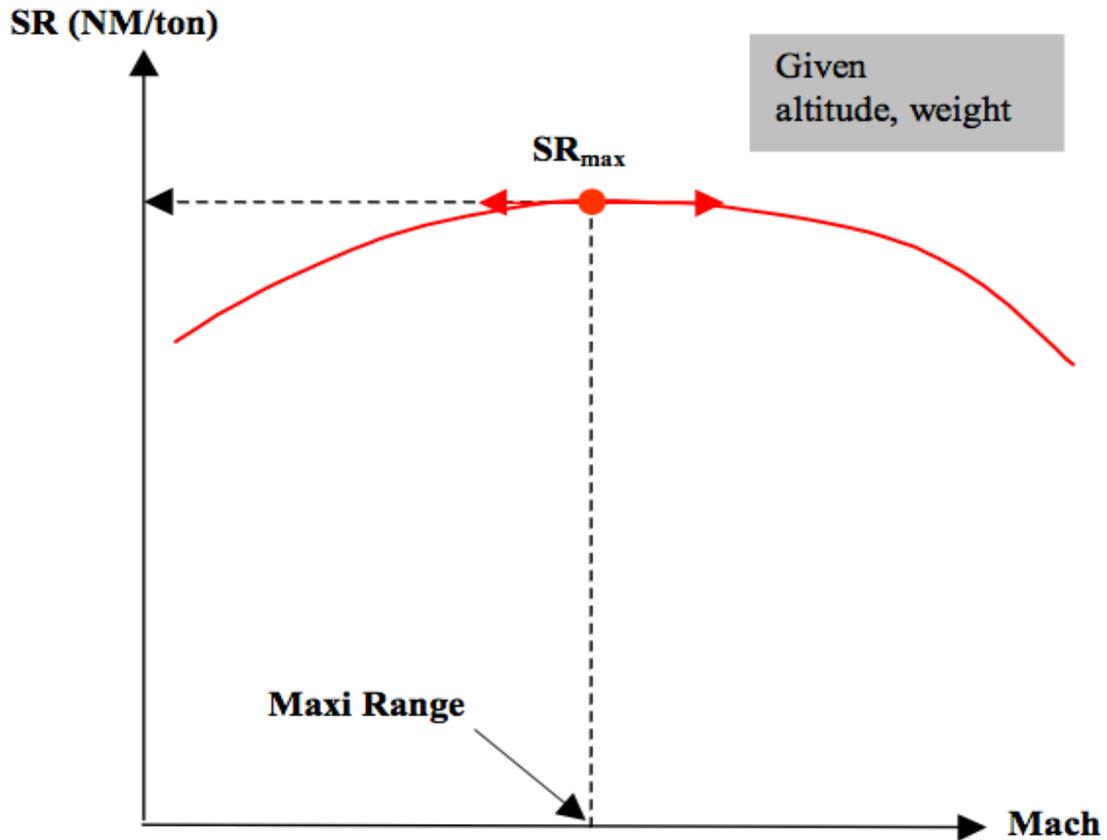


Figure 2.7. Distance spécifique SR en fonction de la vitesse de l'avion pour une altitude et une masse fixe avec $\alpha = 0$ (figure tirée d'Airbus (2002)).

La figure 2.8. , tirée de Delgado et Prats (2009), montre les distances spécifiques pour plusieurs altitudes de vol en fonction de la vitesse de l'avion pour un avion de transport typique. Les altitudes de vol sont indiquées en centaines de pieds par rapport à la surface de la mer. Par exemple, FL 310 correspond à une altitude de 31 000 pieds. On voit que V_0 augmente avec l'altitude du vol jusqu'à l'atteinte de l'altitude dite optimale. Si on augmente l'altitude au-delà de l'altitude optimale, la vitesse V_0 diminue.

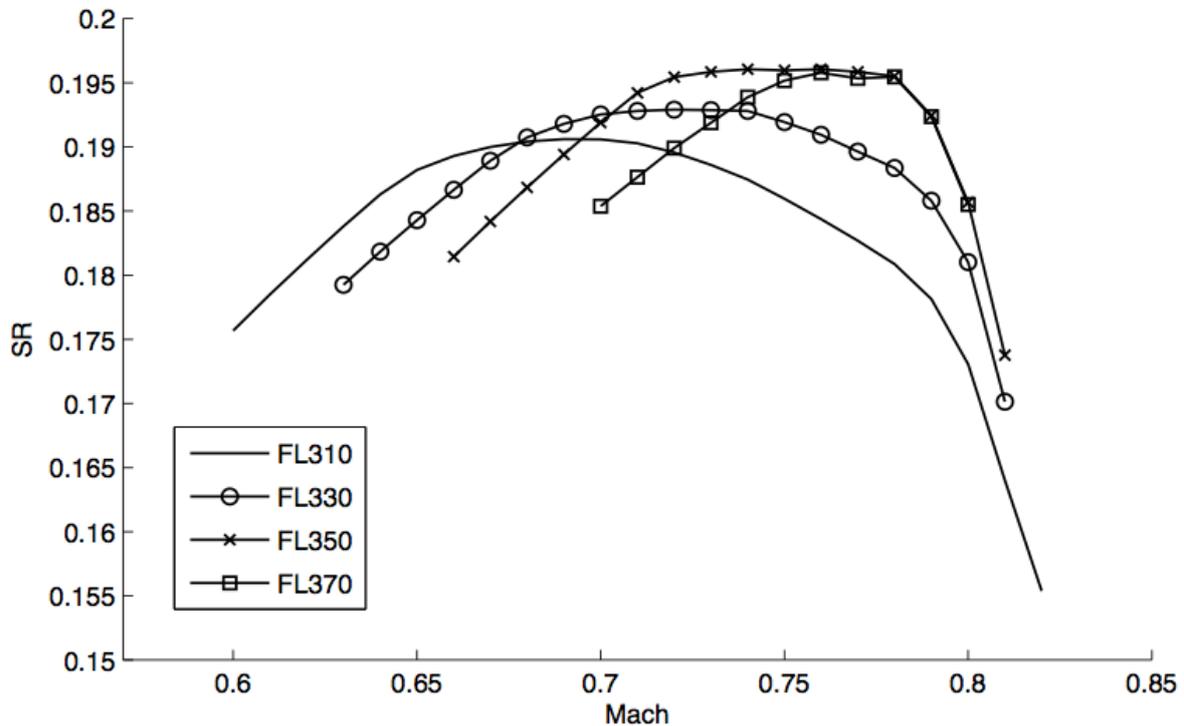


Figure 2.8. Distance spécifique SR en fonction de la vitesse de l'avion et de l'altitude de vol pour $\alpha=0$

2.5.2.2. Phase de croisière avec un indice du coût positif :

Un indice du coût positif ajoute à la consommation réelle de carburant $F(V)$, une consommation fictive positive associée au coût du temps. Lorsqu'on augmente l'indice du coût α , la vitesse optimale de l'avion V_α augmente par rapport à V_0 pour une altitude et une masse de l'avion fixes. De plus, la vitesse maximale que l'avion peut atteindre diminue lorsqu'on augmente l'altitude de vol.

Si on augmente l'indice du coût à partir de 0, la vitesse optimale augmente jusqu'à atteindre la vitesse maximale permise pour l'altitude de vol actuelle. Lorsqu'on augmente encore l'indice du coût, l'avion doit diminuer son altitude afin d'atteindre la nouvelle vitesse optimale V_α .

D'autre part, l'avion n'est pas contraint à passer tout le vol à une seule altitude. Il en résulte que le code de la méthode OTA produit des trajectoires optimales pour lesquelles l'avion parcourt plusieurs altitudes différentes durant la phase de croisière.

En effet, le changement d'altitude en phase de croisière s'explique par le fait que la masse de l'avion est un paramètre qui affecte l'altitude optimale de vol et d'après Airbus (1998), l'altitude optimale augmente lorsque la masse de l'avion diminue.

Comme la masse de l'avion diminue en fonction du temps à partir du décollage, il s'en suit que l'avion volera à l'altitude la plus basse au début puis effectuera un ou plusieurs changements d'altitude afin de monter vers des altitudes plus élevées.

2.6. Importance du calcul d'un indice du coût pour chaque vol :

Marla et al. (2011) présentent dans leur article une approche de gestion de vol visant à équilibrer les frais liés aux retards et à la consommation de carburant. Pour ce qui est des méthodes employées par les compagnies aériennes pour déterminer les indices du coût à utiliser, les auteurs expliquent que plusieurs compagnies aériennes utilisent des données historiques des coûts du carburant et du coût du temps pour une route donnée afin de calculer l'indice du coût à utiliser dans cette route pour les vols futurs. À ce sujet, la plupart des chercheurs s'accordent pour dire que l'utilisation d'un indice du coût fixe pour un ensemble de routes ou pour une flotte entière est très désavantageux économiquement pour la compagnie aérienne.

Le calcul d'un indice du coût optimal pour chaque vol avec les dernières données sur la météo, la charge transportée et l'heure prévue pour le décollage est fortement recommandé.

De plus, de son côté, Burrows et al. (2001) expliquent bien les inconvénients liés à l'utilisation d'un indice du coût mal calculé ou fixe comme le font plusieurs compagnies aériennes. Ils stipulent que l'indice du coût doit être calculé en fonction de l'appareil, de la route, de la compagnie aérienne et de la direction du vol. Les auteurs critiquent également la pratique courante de l'utilisation d'un indice du coût moyen pour plusieurs routes distinctes.

2.7. Actualisation de l'indice du coût au cours du vol :

L'actualisation de l'indice du coût constitue un sujet de recherche important étant donné que les pilotes peuvent être confrontés à des contraintes qui les obligent à abandonner le plan de vol initial. Par exemple, un changement important dans la météo, plus probable pour les vols long courrier, est assez fréquent et les indications directes des tours de contrôle doivent être suivies même si elles ne coïncident pas forcément avec le plan de vol.

Cook et al. (2009) présentent l'importance de l'actualisation de l'indice du coût au cours du vol et les gains qui peuvent être obtenus en l'ajustant. De plus, les auteurs présentent une procédure permettant de calculer dynamiquement l'indice du coût au cours du vol.

Ces derniers appuient leur recherche par un exemple montrant le gain dans les durées de vol et les quantités de carburant consommées pour 23 vols en utilisant leur méthode en comparaison à la non-actualisation de l'indice du coût après le décollage.

2.8. Conclusion :

Dans la planification des vols commerciaux, la réduction de la consommation de carburant ne représente qu'une partie des économies des coûts. Afin de pleinement optimiser un vol, l'indice de coût doit être pris en considération. Ainsi, l'objectif principal de l'indice de coût est l'obtention du prix minimum pour un voyage par le biais d'un compromis entre les coûts d'exploitation et la consommation de carburant de l'avion.

CHAPITRE 3

CALCUL DU COST INDEX

3.1. Introduction :

Ce chapitre est consacré à la présentation de l'environnement de travail utilisé pour le calcul du cost index.

Tandis que de nombreux facteurs influencent les coûts d'un vol, tels que les frais d'assurance, achat/location, frais d'aéroport ou le contrôle du trafic aérien (ATC), ce chapitre va se concentrer exclusivement sur ceux ayant un effet direct sur le coût du vol, soit ceux relatifs à l'indice de coût.

Généralement, les coûts fixes ne sont pas inclus dans l'index de coût (CI), comme le coût de possession d'un avion (assurance, location, achat, etc.). Il en est de même pour les coûts liés aux cycles, ceux-ci étant liés au nombre de vols et non pas au temps de vol. Ainsi, de ces facteurs, seuls ceux qui sont directement influencés par le temps de vol seront considérés, dont voici quelques exemples :

- Salaire du personnel de bord;
- Frais d'entretien liés au temps de vol;

4.1. Méthode de calcul :

La formulation de base pour le coût d'un vol est la suivante :

$$CI = \frac{Cp + Cm}{Cf}$$

- *Ci* : cost index (kg/min)
- *Cf*: coût du carburant (\$/kg)
- *Cp*: coût du personnel de bord (\$/min)
- *Cm*: coûts de maintenance (\$/min)

Exemples de calcul :

Vol A –B737-800 :

- Coût du carburant = 0.1 \$/kg
- Coût PN = 20 \$/min
- Coût de maintenance = 10 \$/min

$$Ci = \frac{(20 + 10)}{0.5} = 300 \text{ kg}/\text{min}$$

Vol B –B737-800 :

- Coût du carburant = 1 \$/kg
- Coût PN = 20 \$/min
- Coût de maintenance = 10 \$/min

$$Ci = \frac{(20 + 10)}{1} = 30 \text{ kg}/\text{min}$$

Dans le premier exemple le prix du carburant était beaucoup moins significatif que les coûts du temps donc la valeur de l'indice de coût est élevée, l'entrée de cette valeur dans le FMC aboutirait à un vol de temps minimal.

Tandis que dans le deuxième exemple le coût du carburant était plus significatif que les coûts du temps, entrant la valeur du cost index trouvée dans le FMC aboutirait à un vol avec une consommation minimale de carburant.

3.2.1. Coût du carburant :

Le cost index est basé sur le prix actuel du carburant, les prix du carburant sont différents d'un pays à un autre, donc le *fuel tankering* affecte le prix de carburant ce qui affecte automatiquement la valeur du cost index.

Si la compagnie change le cost index pour chaque segment de vol :

- Le prix de carburant pour la première étape ne change pas. Ainsi, le cost index ne changera pas.
- Le prix de carburant pour la deuxième étape sera variable selon le taux de carburant transporté auparavant. Ainsi, le cost index sera aussi variable.

Le tableau suivant illustre les prix de carburant utilisés dans le calcul du cost index :

VOLS NATIONAUX					
Aéroport	Code OACI	Densité	prix DZ/L	prix DZ/kg	PRIX \$/kg
ALGER	DAAG	0.83	14.12	11.72	0.107
ADRAR	DAUA	0.78	17.17	13.39	0.122
ANNABA	DABB	0.79	14.73	11.64	0.106
CONSTANTINE	DABC	0.79	14.12	11.15	0.101
ORAN	DAOO	0.78	14.12	11.01	0.100
TINDOUF	DAOF	0.78	17.17	13.39	0.122
BEJAIA	DAAE	0.78	14.73	11.49	0.122
HASSI MESSAOUD	DAUH	0.79	15.95	12.60	0.104
HASSI R'MEL	DAFH	0.78	17.17	13.39	0.114
IN AMENAS	DAUZ	0.78	17.17	13.39	0.122
TIMIMOUN	DAUT	0.78	17.17	13.39	0.122
BISKRA	DAUB	0.78	15.95	12.44	0.122
VOLS INTERNATIONAUX					
Aéroport	Code OACI	densité	prix (\$/usg)	prix (\$/l)	prix (\$/kg)
NANTES	LFRS	0.8	2.21534	0.58298421	0.46638737
PARIS	LFPG	0.8	2.23798	0.58894211	0.47115368
STRASBOURG	LFST	0.8	4.26666	1.12280526	0.89824421

Tableau 3.1. Prix du carburant

3.2.2. Coût du personnel Navigant :

Il est composé de deux catégories de personnel : le Personnel Navigant Technique (PNT : Commandant, pilote et mécanicien) et le Personnel Navigant Commercial (PNC : Stewards et hôtesse). Ils ne peuvent exercer qu'après avoir obtenu une licence et qualification sur un module d'avion et pour une validité bien déterminée délivrée auprès de l'aviation civile.

Coût PN	
Dinar/Heure	111036
U.S.Dollar/Minute	17

Tableau 3.2. Coût du personnel Navigant

3.2.3. Coût de maintenance :

La maintenance des avions présente plus de 7% de l'ensemble des coûts, c'est l'une des rubriques essentielles et importantes, qui constitue un support pour l'activité principale de la compagnie. Elle est soumise aux contraintes et normes opérationnelles exigées par les constructeurs dans un souci de préserver la qualité et la sécurité de l'appareil.

coûts de maintenance	
Dinar / heure	21272
U.S.Dollar /minute	3

Tableau 3.3. Coût de maintenance

3.3. Hypothèses de calcul :

3.3.1. Description d'un vol typique :

L'importante législation encadrant l'industrie des vols commerciaux permet de facilement découper les vols en différentes phases typiques (voir figure .3.1).

Dans le calcul du cost index certains facteurs affectant la phase du décollage et d'atterrissage ont été omis, Différentes raisons expliquent cette omission, mais notons, entre autres, la complexité de ces phases, qui dans leur calcul réciproque, doivent tenir compte de la longueur de la piste, du poids de l'avion, de la position du centre de gravité, des obstacles, de l'état de la piste, etc. Considérant ces facteurs, ces phases deviennent impossibles à optimiser. Fort heureusement, ces dernières n'auront que peu d'impact sur le coût total du vol.

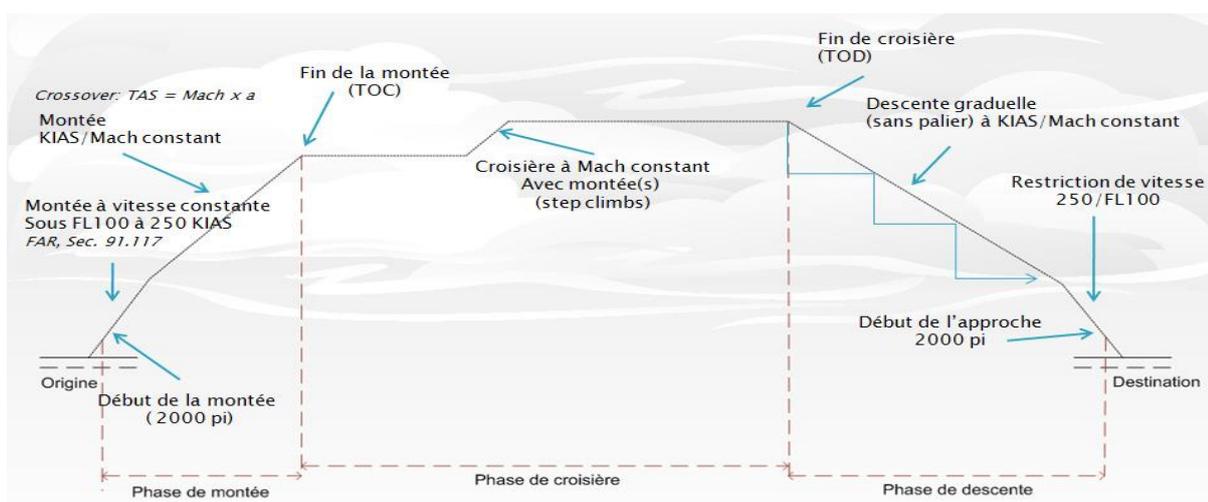


Figure 3.1. Phases typiques d'un vol commercial

3.4. Environnement de travail :

La réalisation de ce travail a nécessité l'utilisation du logiciel jetplanner pour générer les plans de vols techniques pour chaque rotation étudiée.

Les plans de vol techniques sont établis en temps réel par ordinateur et donnent lieu à un document préparation / suivi de vol édité sur imprimante et appelé JETPLAN.

3.4.1. Plan de vol exploitation :

3.4.1.1. Définition :

Selon la définition OACI :

« Le plan de vol exploitation est un plan établi par l'exploitant en vue d'assurer la sécurité du vol en fonction des performances et limitations d'emploi de l'avion et des conditions prévues relatives à la route à suivre et aux aérodromes intéressés ».

3.4.1.2. Informations du plan de vol :

Le plan de vol exploitation utilisé et les données consignées pendant le vol renferment les éléments suivants :

- | | |
|---|--|
| 1) immatriculation de l'avion. | 14) calculs carburant (relevés carburant en vol). |
| 2) type et variante de l'avion. | 15) carburant à bord lors de la mise en route des moteurs. |
| 3) date du vol. | 16) dégagements et, selon le cas, déroutement au décollage et en route, y compris les données exigées en (10), (11), (12) et (13) ci-dessus. |
| 4) identification du vol. | 17) clairance initiale du plan de vol circulation aérienne et reclairances ultérieures. |
| 5) lieu de départ. | 18) calculs de replanification en vol. |
| 6) heure de départ. | 19) informations météorologiques pertinente. |
| 7) lieu d'arrivée (prévu et réel). | |
| 8) heure d'arrivée (heure bloc et heure d'atterrissage réelles). | |
| 9) type d'exploitation (ETOPS, VFR, vol de Convoyage, etc.). | |
| 10) route et segments de route avec les points de report ou les points de cheminement, distances, temps et routes. | |
| 11) vitesse de croisière et durée de vol prévues entre les points de report ou les points de cheminement. Heures estimées et réelles de survol. | |
| 12) altitudes de sécurité et niveaux de vol minimums. | |
| 13) altitudes et niveaux de vols prévus. | |

3.5. Application numérique :

Le tableau suivant présente le cost index calculé pour toutes les rotations de Tassili Airlines nationales et internationales :

	DESTINATIONS	Code OACI	DISTANCE (NM)	TEMPS DE VOL (min)	FUEL (kg)				COUT DU CARBURANT		COUT PN		COUT DE MAINTENANCE		CI
					délestage	Réserves	taxi	bloc	\$ / Kg	Cout total (\$)	\$ / min	cout total (\$)	\$ / min	cout total (\$)	
ALGER	ADRAR	DAUA	616	95	4048	2662	150	6860	0,10654652	731	17	598 ¹	3	306	188
	ANNABA	DABB	241	42	1938	2586	150	4674	0,10654652	498	17	707	3	135	188
	CONSTANTINE	DABC	186	32	1570	2586	150	4306	0,10654652	459	17	538	3	103	188
	ORAN	DAOO	224	40	1814	2586	150	4550	0,10654652	485	17	673	3	129	188
	TINDOUF	DAOF	879	126	5163	2964	150	8277	0,10654652	882	17	120 ²	3	406	188
	HASSI MESSAOUD	DAUH	370	57	2581	3383	150	6114	0,10654652	651	17	959	3	184	188
	HASSI RMEL	DAFH	288	44	2167	2586	150	4903	0,10654652	522	17	740	3	142	188
	IN AMENAS	DAUZ	653	89	3859	3370	150	7379	0,10654652	786	17	497 ¹	3	287	188
	NANTES	LFRS	680	107	4594	3087	150	7831	0,52755073	131 ⁴	17	800 ¹	3	345	38
	STRASBOURG	LFST	778	114	5141	3320	150	8611	0,52755073	543 ⁴	17	918 ¹	3	367	38
	PARIS CDG	LFPG	826	113	4792	3128	150	8070	0,52755073	257 ⁴	17	901 ¹	3	364	38
BEJAIA	HASSI MESSAOUD	DAUH	341	56	2457	2663	150	5270	0,10445559	550	17	942	3	180	192
HASSI MESSAOUD	ANNABA	DA	331	54	2531	2586	150	5267	0,1145466	603	17	908	3	174	175
	ALGER	DAAG	343	63	2693	2851	150	5694	0,1145466	652	17	060 ¹	3	203	175
	BEJAIA	DAAE	341	56	2457	2585	150	5192	0,1145466	595	17	942	3	180	175

	TIMIMOUN	DAUT	342	56	2440	2586	150	5176	0,114546 6	593	17	942	3	180	175
	CONSTANTINE	DABC	281	44	2030	2586	150	4766	0,114546 6	546	17	740	3	142	175
	IN AMENAS	DAUZ	284	45	2034	3075	150	5259	0,114546 6	602	17	757	3	145	175
	ORAN	DAOO	455	78	3339	2586	150	6075	0,114546 6	696	17	312 ¹	3	251	175
HASSI R'MEL	ALGER	DAAG	311	53	2196	2834	150	5180	0,121728 49	631	17	892	3	171	165
IN AMENAS	ALGER	DAAG	622	103	4269	2941	150	7360	0,121728 49	896	17	733 ¹	3	332	165
	TIMIMOUN	DAUT	452	86	3544	2586	150	6280	0,121728 49	764	17	447 ¹	3	277	165
	CONSTANTINE	DABC	521	76	3206	2585	150	5941	0,121728 49	723	17	279 ¹	3	245	165
	HASSI MESSAOUD	DAUH	284	49	2023	2642	150	4815	0,121728 49	586	17	824	3	158	165
	ORAN	DAOO	723	113	4619	2586	150	7355	0,121728 49	895	17	901 ¹	3	364	165
ORAN	ALGER	DAAG	198	38	1702	2812	150	4664	0,100091 91	467	17	639	3	122	200
	ADRAR	DAUA	524	77	3328	2622	150	6100	0,100091 91	611	17	295 ¹	3	248	200
	HASSI MESSAOUD	DAUH	455	56	2843	2709	150	5702	0,100091 91	571	17	942	3	180	200
	IN AMENAS	DAUZ	723	98	4209	3353	150	7712	0,100091 91	772	17	649 ¹	3	316	200
TIMIMOUN	HASSI MESSAOUD	DAUH	342	56	2440	2586	150	5176	0,121728 49	630	17	942	3	180	165
	IN AMENAS	DAUZ	452	86	3544	2586	150	6280	0,121728 49	764	17	447 ¹	3	277	165
CONSTANTINE	ALGER	DAAG	167	33	1361	3145	150	4656	0,101364 65	472	17	555	3	106	198
	HASSI	DAUH	281	47	1951	2642	150	4743	0,101364						

	MESSAOUD								65	481	17	791	3	151	198
	IN AMENAS	DAUZ	521	77	3224	3309	150	6683	0,101364 65	677	17	295 ¹	3	248	198
	STRASBOURG	LFST	790	132	6311	3300	150	9761	0,101364 65	989	17	221 ²	3	425	198
ANNABA	HASSI MESSAOUD	DAUH	331	56	2455	2677	150	5282	0,105728 33	558	17	942	3	180	190
	ALGER	DAAG	222	41	1857	2818	150	4825	0,105728 33	510	17	690	3	132	190
BISKRA	IN AMENAS	DAAG	452	67	3060	3296	150	6506	0,113092 04	736	17	127 ¹	3	216	177
ADRAR	ORAN	DAOO	524	82	3463	2586	150	6199	0,121728 49	755	17	380 ¹	3	264	165
	ALGER	DAAG	590	87	3617	2896	150	6663	0,121728 49	811	17	464 ¹	3	280	165
TINDOUF	ALGER	DAAG	853	124	6326	3395	150	9871	0,114546 6	131 ¹	17	086 ²	3	400	175
NANTES	ALGER	DAAG	727	107	4550	3321	150	8021	0,466368 3	741 ³	17	800 ¹	3	345	43
STRASBOURG	ALGER	DAAG	779	115	4849	3335	150	8334	0,898190 8	486 ⁷	17	935 ¹	3	371	22
	CONSTANTINE	DABC	780	120	6300	3300	150	9750	0,898190 8	757 ⁸	17	019 ²	3	387	22
PARIS CDG	ALGER	DAAG	744	113	5697	3367	150	9214	0,471095 62	341 ⁴	17	901 ¹	3	364	43

Tableau 3.4. Cost index calculé pour toutes les rotations de Tassili Airlines nationales et internationales.

3.6. Analyse des résultats :

3.6.1. Vols nationaux :

Pour les vols nationaux on remarque que la valeur du cost index calculée est relativement élevée, cela s'explique par le fait que le prix du carburant en Algérie est bas. Afin que la compagnie garantie une meilleure rentabilité des aéronefs et maximise ses gains elle doit, dans ce cas, donner une priorité primordiale au temps de vols ; c.à.d. les vols doivent être effectués avec la vitesse la plus grande possible tout en restant dans les limites des performances de l'appareil et en respectant les exigences de l'OACI.

3.6.2. Vols internationaux :

L'analyse des résultats des vols internationaux se fait en deux parties :

- **Phase « aller » :**

Puisque le départ se fait de l'Algérie, Le prix de carburant pour la première étape ne change pas. Ainsi, le cost index ne changera pas.

- **Phase « retour » :**

Le prix de carburant pour la deuxième étape sera variable est souvent trop cher (relativement), comme le cas du vol Strasbourg – Alger.

Pour remédier à ce problème, deux solutions sont présentent :

- ✓ Considérer la brulure de carburant comme étant une priorité primordiale, autrement dit on doit procéder de tel sorte que la consommation de carburant soit minimale sans prendre en considération le temps de vol qui sera par conséquent plus important.
- ✓ La deuxième solution est de faire la première l'étape (Alger – Strasbourg) avec le plein réservoir, c'est ce qu'on appelle le *Fuel tankering*.

3.7. Conclusion

Plusieurs compagnies aériennes utilisent des données historiques des coûts du carburant et du coût du temps pour une route donnée afin de calculer l'indice du coût à utiliser dans cette route pour les vols futurs. À ce sujet, la plupart des chercheurs s'accordent pour dire que l'utilisation d'un indice du coût fixe (ou mal calculé) pour un ensemble de routes ou pour une flotte entière est très désavantageux économiquement pour la compagnie aérienne. Le calcul d'un indice du coût optimal pour chaque vol, avec les dernières données sur la météo, la charge transportée et l'heure prévue pour le décollage, est fortement recommandé.

CHAPITRE 4

MISE EN APPLICATION

4.1. Introduction :

Maintenant qu'on a calculé l'indice du coût optimal pour chaque vol, on étudie dans ce chapitre l'effet d'utilisation de ce dernier et son impact sur l'économie de la compagnie. Cela se fait en comparant le temps de vol estimé correspondant au cost index calculé avec celui du plan de vol technique.

On tient à rappeler que tous les plans de vol précédent ont été générés par le logiciel « Jetplanner » avec une vitesse de croisière constante équivalente à un Mach de 0.79, cette valeur est recommandée par le constructeur Boeing.

D'abord, Pour trouver la durée de vol optimale correspondante au cost index calculé précédemment, on passe par trouver le nombre de mach qui lui est associée, il existe deux méthodes pour le faire :

- **Technique manuelle :**

C'est la technique de «base», en utilisant les documents et les courbes fournis par le constructeur Boeing.

- **Les applications «professionnelles» : (t.q. JetPlanner)**

Des programmes, conçus spécialement pour faciliter le travail des opérateurs aériens, peuvent être utilisés dans ce cas.

4.2. Application numérique :

Le tableau suivant présente une comparaison entre la durée de vol optimale correspondante au cost index calculé avec celle du plan de vol technique, avec comme paramètre de vitesse Mach 0.79.

		Vols /semaine	Vols /mois	Vols/ an	Temps de vol M 0.79	Temps de vol CI		Gain en Temps de vol			Gain en USD		
						Cost index used	Temps de vol	Par semaine	Par Mois	Par ans	Par semaine	Par Mois	Par ans
ALGER	ADRAR	3	12	144	95	180	72	69	276	3312	1380	5520	66240
	ANNABA	1	4	48	42	180	37	5	20	240	100	400	4800
	CONSTANTIN E	4	16	192	32	180	30	8	32	384	160	640	7680
	ORAN	4	16	192	40	180	36	16	64	768	320	1280	15360
	TINDOUF	1	4	48	126	180	101	25	100	1200	500	2000	24000
	HASSI MESSAOUD	15	60	720	57	180	49	120	480	5760	2400	9600	115200
	HASSI RMEL	1	4	48	44	180	39	5	20	240	100	400	4800
	IN AMENAS	5	20	240	89	180	76	65	260	3120	1300	5200	62400
	NANTES	2	8	96	107	35	105	4	16	192	80	320	3840
	STRASBOURG	3	12	144	114	35	109	15	60	720	300	1200	14400
	PARIS CDG	4	16	192	113	35	107	24	96	1152	480	1920	23040
BEJAIA	HASSI MESSAOUD	1	4	48	56	190	49	7	28	336	140	560	6720
HASSI MESSAOUD	ANNABA	1	4	48	54	170	48	6	24	288	120	480	5760
	ALGER	15	60	720	63	170	58	75	300	3600	1500	6000	72000
	BEJAIA	1	4	48	56	170	46	10	40	480	200	800	9600
	TIMIMOUN	0,5	2	24	56	170	49	4	14	168	70	280	3360
	CONSTANTIN E	4	16	192	44	170	41	12	48	576	240	960	11520
	IN AMENAS	0,5	2	24	45	170	38	4	14	168	70	280	3360
	ORAN	3	12	144	78	170	63	45	180	2160	900	3600	43200

HASSI R'MEL	ALGER	1	4	48	53	160	49	4	16	192	80	320	3840
IN AMENAS	ALGER	5	20	240	103	160	96	35	140	1680	700	2800	33600
	TIMIMOUN	0,5	2	24	86	160	79	4	14	168	70	280	3360
	CONSTANTINE	1	4	48	76	160	68	8	32	384	160	640	7680
	HASSI MESSAOUD	0,5	2	24	49	160	39	5	20	240	100	400	4800
	ORAN	2	8	96	113	160	101	24	96	1152	480	1920	23040
ORAN	ALGER	3	12	144	38	200	29	27	108	1296	540	2160	25920
	ADRAR	1	4	48	77	200	68	9	36	432	180	720	8640
	HASSI MESSAOUD	3	12	144	56	200	49	21	84	1008	420	1680	20160
	IN AMENAS	1	4	48	98	200	95	3	12	144	60	240	2880
TIMIMOUN	HASSI MESSAOUD	0,5	2	24	55	160	48	4	14	168	70	280	3360
	IN AMENAS	0,5	2	24	85	160	78	4	14	168	70	280	3360
CONSTANTINE	ALGER	4	16	192	33	190	27	24	96	1152	480	1920	23040
	HASSI MESSAOUD	1	4	48	47	190	45	2	8	96	40	160	1920
	IN AMENAS	1	4	48	77	190	71	6	24	288	120	480	5760
	STRASBOURG	1	4	48	132	190	120	12	48	576	240	960	11520
ANNABA	HASSI MESSAOUD	1	4	48	56	190	50	6	24	288	120	480	5760
	ALGER	2	8	96	41	190	33	16	64	768	320	1280	15360
BISKRA	IN AMENAS	1	4	48	67	170	61	6	24	288	120	480	5760
ADRAR	ORAN	1	4	48	82	160	76	6	24	288	120	480	5760
	ALGER	3	12	144	87	160	79	24	96	1152	480	1920	23040
TINDOUF	ALGER	1	4	48	124	160	97	27	108	1296	540	2160	25920
NANTES	ALGER	2	8	96	107	40	101	12	48	576	240	960	11520
STRASBO	ALGER	3	12	144	115	20	120	-15	-60	-720	-300	-1200	-14400

URG	CONSTANTIN E	1	4	48	120	20	129	-9	-36	-432	-180	-720	-8640
PARIS CDG	ALGER	4	16	192	113	40	109	16	64	768	320	1280	15360
Total								798 min	3190 min	38280 min	1595 \$	63800 \$	7656000 \$

Tableau 4.1. Comparaison entre la durée de vol optimale correspondante au cost index calculé avec celle du plan de vol technique, avec comme paramètre de vitesse Mach 0.79

4.3. Analyse des résultats :

A partir du tableau précédent, en comparant les deux résultats, (temps de vol pour un mach 0.79 / temps de vol pour un CI optimal), la différence ne semble pas significative en termes de temps de vol, Cependant cette économie en temps s'accumule avec chaque vol, le nombre accru de cycles de vol que fait seulement l'appareil étudié (B737-800) a permis à la compagnie de gagner plus de 600 heures de vol par ans. Sachant que le coût de maintenance et du P.N de TASSILI AIRLINES est égale approximativement à 20\$/minute, avec un simple calcul on peut déduire la somme d'argent épargnée grâce à l'utilisation du cost index dynamique. Soit, $36000 \text{ min} \times 20\$ = 720.000\$$ par ans.

4.4. Impact économique :

4.4.1. Gain financier :

L'utilisation du cost index dynamique peut garantir une épargne économique importante.

Epargnes	par semaine	\$ 15 950.00
	par mois	\$ 63 800.00
	par ans	\$ 765 600.00

Figure 4.2. Gain financier

4.4.2. Gain en temps de vol :

En plus des gains financiers, le cost index dynamique permet aux compagnies aériennes d'avoir des gains en matière de temps de vol.

- **Heures de vol supplémentaires à vendre :**

Le gain en temps de vol permet à la compagnie aérienne de programmer plus de vols, autrement dit, plus de billets à vendre.

- **Moins Visites de maintenance des avions (A-check) :**

Cette opération (en anglais A-check) intervient environ tous les mois ou toutes les 400 à 500 heures de vol. Elle est effectuée généralement en une nuit dans une enceinte de l'aéroport. L'occurrence de la visite varie selon le type d'aéronef, le nombre de cycles (1 décollage et 1 atterrissage), ou le nombre d'heures de vol depuis la dernière visite¹. La cabine est vérifiée minutieusement et on procède aux changements d'huile et au contrôle des filtres

- **Ponctualité des vols (moins de retard)**

Ponctualité des vols est l'un des critères mesuré pour évaluer la performance d'une compagnie est la ponctualité. Celle-ci est d'ailleurs un des critères retenus par la commission européenne dans sa proposition législative de Février 2005 sur le renforcement des droits des passagers, qui prévoit l'indemnisation des passagers en cas d'annulation et de retard de vol ou de refus d'embarquement.

Gains en temps	par semaine	13 Heures de vols
	par mois	53 Heures de vols
	par ans	638 Heures de vols

Figure 4.3. Gains en temps de vols

4.5. Améliorations futures :

Une amélioration de la précision de facteurs affectant cost index conduirait sans doute à l'amélioration de la précision du calcul de la valeur optimale de ce dernier. De plus, l'ajout de contraintes comme les zones tarifées, l'effet de la météo sur la trajectoire optimale sont des facteurs qui pourraient ajouter plus de complexité au problème traité actuellement. Par exemple, le contournement d'une zone tarifée pourrait donner lieu à de nouveaux types de points de bifurcations. Par ailleurs, la mise à jour de l'indice du coût au cours du vol en cas d'imprévu pourrait constituer aussi une suite pour ce projet de maîtrise.

La détermination de l'indice du coût optimal et l'étude des fonctions qui interviennent dans la recherche de cette valeur optimale est un domaine où il y a beaucoup de contributions à apporter.

5. Conclusion :

L'indice du coût est un paramètre très important dans la détermination de la durée de vol optimale, la bonne détermination de ce dernier s'avère très nécessaire pour la bonne gestion des économies de la compagnie en matière du temps et d'argent.

CONCLUSION GENERALE

Une compagnie aérienne a intérêt de minimiser les coûts d'exploitation de ses lignes. De nombreux facteurs s'additionnent dont le carburant utilisé, les salaires, la maintenance, etc. Ces facteurs ne sont pas indépendants puisque la consommation est directement proportionnelle à la vitesse alors que les dépenses de salaires et de maintenance sont directement proportionnelles aux nombres d'heures de vol effectuées.

L'indice du coût est un paramètre très important dans la détermination de la durée de vol optimale d'un avion en privilégiant soit les économies de carburant, soit la réduction des charges liées au temps.

D'après les résultats obtenus par la démonstration des bénéfices de l'utilisation du cost index nous pouvons voir que les coûts d'exploitation impliqués par la réduction de temps de vol et la brûlure du carburant sont réduits d'un gain qui est proportionnelle à le nombre des vols exécutés.

De ce fait, parmi les meilleures techniques pour maximiser les gains d'une compagnie aérienne est d'utiliser un cost index dynamique correctement calculé pour chaque vol effectué.

BIBLIOGRAPHIE

- *Airbus Customer Service, 1998 “Getting to grips with the cost index”*
- *Airbus Customer Service, may 1998. « Getting to grips with fuel economy ».*
- *Boeing, Fuel Conservation Strategies: cost index explained.*
- *MANUEL DE VOL Boeing 737-800 TRANSAVIA, Edition -1 : Novembre 2012.*
- *Tassili Airlines, Manuel d’exploitation MANEX-A, Edition 2009.*
- *Dynamic Cost Indexing, A. Cook, G. Tanner, V. Williams and G. Meise.*
- *Maintenance et réparation aéronautique Base de connaissances et évolution Juin 2010*

ANNEXES

PROGRAMME D'EXPLOITATION VOLS TASSILI AIRLINES
AVION BOEING NG 737-800 (20C / 135Y)
Saison S17 : Du 01/06/2017 Au 31/07/2017

JOURS	FLT N°	ROTATIONS	TYPE ACFT	CLIENT
J1 LUNDI	<i>SF1803</i>	HME0615-0730ALG	B738-2	NAV
	<i>SF2100</i>	ALG0815-0920AAE		REGULIER
	<i>SF1132</i>	AAE1010-1125HME		SH/DP (101 SIEGES) TAL (54 SIEGES)
	<i>SF1133</i>	HME1220-1335AAE		
	<i>SF2101</i>	AAE1435-1540ALG		REGULIER
	<i>SF1802</i>	ALG1715-1830HME		NAV
	<i>SF1913</i>	HME0515-0650ORN	B738-3	ENSP
	<i>SF2221</i>	ORN0750-0850ALG		REGULIER
	<i>SF2220</i>	ALG1455-1550ORN		REGULIER
	<i>SF1324</i>	ORN1640-1830IAM		SH/DP
	<i>SF1323</i>	IAM0600-0740CZL	B738-4	SH/DP
	<i>SF2111</i>	CZL0840-0935ALG		REGULIER
	<i>SF3018</i>	ALG1115-1345SXB		REGULIER/INT
	<i>SF3019</i>	SXB1445-1715ALG		
	<i>SF3000</i>	ALG1300-1530CDG	B738-1	REGULIER/INT
	<i>SF3001</i>	CDG1645-1915ALG		

PROGRAMME D'EXPLOITATION VOLS TASSILI AIRLINES

AVION BOEING NG 737-800 (20C / 135Y)

Saison S17 : Du 01/06/2017 Au 31/07/2017

JOURS	FLT N°	ROTATIONS	TYPE ACFT	CLIENT	
J2 MARDI	<i>SF1325</i>	IAM0615-0810ORN	B738-3	SH/DP	
	<i>SF1140</i>	ORN0910-1045HME			
	<i>SF1141</i>	HME1145-1320ORN		REGULIER	
	<i>SF2221</i>	ORN1420-1520ALG		SH/DP	
	<i>SF1320</i>	ALG1610-1800IAM		B738-4	SH/DP (101 SIEGES) TAL (54 SIEGES)
	<i>SF1124</i>	ALG0745-0900HME			
	<i>SF1128</i>	HME1000-1115BJA	NAV		
	<i>SF1129</i>	BJA1215-1330HME	NAV		
	<i>SF1125</i>	HME1430-1545ALG	B738-2		SH/DP
	<i>SF1802</i>	ALG1715-1830HME			
	<i>SF1803</i>	HME0615-0730ALG		REGULIER	
	<i>SF1120</i>	ALG0900-1015HME		B738-3	SH/DP
	<i>SF1130</i>	HME1115-1225CZL			
	<i>SF1131</i>	CZL1325-1435HME			ENAFOR
	<i>SF1121</i>	HME1535-1650ALG	B738-1		SH/DP (101 SIEGES) (54 SIEGES TAL)
	<i>SF3000</i>	ALG1600-1830CDG			
<i>SF3001</i>	CDG2000-2230ALG	NAV			
J3 MERCREDI	<i>SF1328</i>	IAM0600-0750BJA0850-0940BSK		B738-3	SH/DP
	<i>SF1329</i>	BSK1040-1200IAM			
	<i>SF1321</i>	IAM1300-1455ALG			ENAFOR
	<i>SF1908</i>	ALG1700-1815HME	B738-4		SH/DP (101 SIEGES) (54 SIEGES TAL)
	<i>SF1122</i>	ALG0750-0905HME			
	<i>SF1130</i>	HME1005-1115CZL		NAV	
	<i>SF1131</i>	CZL1215-1325HME		NAV	
	<i>SF1123</i>	HME1425-1540ALG		REGULIER	
	<i>SF1802</i>	ALG1715-1830HME		ENAFOR	
	<i>SF1803</i>	HME0615-0730ALG	B738-2	SH/DP	
	<i>SF2110</i>	ALG1500-1555CZL			
	<i>SF1914</i>	CZL1655-1805HME		SH/DP (101 SIEGES) (54 SIEGES TAL)	
	<i>SF1120</i>	ALG0900-1015HME			
	<i>SF1141</i>	HME1115-1250ORN		SH/DP	
<i>SF1140</i>	ORN1350-1520HME	SH/DP			
<i>SF1121</i>	HME1620-1735ALG	SH/DP			

PROGRAMME D'EXPLOITATION VOLS TASSILI AIRLINES
AVION BOEING NG 737-800 (20C / 135Y)
Saison S17 : Du 01/06/2017 Au 31/07/2017

JOURS	FLT N°	ROTATIONS	TYPE ACFT	CLIENT	
J4 JEUDE	SF1915	HME0540-0650CZL	B738-4	ENAFOR	
	SF2111	CZL0750-0845ALG		REGULIER	
	SF1904	ALG1000-1115HME		GTP	
	SF1905	HME1215-1330ALG		NAV	
	SF1802	ALG1715-1830HME		ENAFOR	
	SF1909	HME0615-0730ALG	B738-3	SH/DP	
	SF1320	ALG0900-1050IAM		NAV	
	SF1321	IAM1150-1350ALG		NAV	
	SF1810	ALG1445-1545ORN1645-1845IAM	B738-1	NAV	
	SF1803	HME0615-0730ALG		REGULIER/INT	
	SF3018	ALG0900-1130SXB			
	SF3019	SXB1230-1500ALG			
	SF3000	ALG1445-1715CDG			
	SF3001	CDG1825-2055ALG	NAV		
J5 VEN	SF1803	HME0615-0730ALG	B738-4	NAV	
	SF1940	ALG0830-0940HRM1020-1140AZR	GTP		
	SF1941	AZR1230-1350HRM1430-1540ALG	B738-3	NAV	
	SF1811	IAM0630-0830ORN0930-1030ALG		ENAFOR	
	SF1936	ALG1200-1315HME			UN VEN SUR/2 A PARTIR DU 06/01/17 SEMAINE 1&3
	SF1936	HME1415 1535TMX			
	SF1938	TMX1620-1800IAM			UN VEN SUR/2 A PARTIR DU 27/01/17 SEMAINE 2&4
	SF1936	ALG1200-1315HME			
	SF1938	HME1415-1535IAM	B738-1	REGULIER/INT	
	SF3000	ALG0655-0925CDG		REGULIER/INT	
	SF3001	CDG1050-1320ALG			
	SF3012	ALG1600-1820NTE			
	SF3013	NTE1920-2140ALG			
	SF1900	ALG1700-1815HME	B738-2	ENAGEO	

PROGRAMME D'EXPLOITATION VOLS TASSILI AIRLINES

AVION BOEING 737-800 (20C / 135Y)

Saison S17 : Du 01/06/2017 Au 31/07/2017

J6 SAMEDI	SF1901	HME0600-0715ALG	B738-2	ENAGEO	
	SF1326	ALG0810-0915AAE1000-1140IAM		SH/DP	
	SF1327	IAM1230-1400AAE1450-1555ALG		ENSP	
	SF1902	ALG1700-1815HME	B738-4	REGULIER	
	SF2114	ALG0550-0645CZL		REGULIER/INT	
	SF3024	CZL0800-1010SXB		ENSP	
	SF3025	SXB1120-1330CZL		B738-1	REGULIER
	SF1910	CZL1430-1540HME	B738-3		ENAFOR
	SF2320	ALG0600-0740AZR			
	SF2352	AZR0825-0955ORN			
	SF2353	ORN1055-1225AZR			
	SF2321	AZR1310-1450ALG	B738-3	REGULIER/INT	
	SF1939	IAM0700-0845TMX			
	SF1937	TMX0930-1040HME	B738-3	REGULIER/INT	
	SF1937	HME1135-1250ALG			
	SF1939	IAM0700-0810HME	B738-3	REGULIER/INT	
	SF1937	HME0910-1030ALG			
SF3000	ALG1630-1900CDG	B738-3	REGULIER/INT		
SF3001	CDG2015-2245ALG				
J7 DIMANCHE	SF1903	HME0610-0725ALG	B738-2	ENSP	
	SF1320	ALG0900-1055IAM		SH/DP	
	SF1321	IAM1150-1350ALG		NAV	
	SF1802	ALG1715-1830HME	B738-3	ENSP	
	SF1911	HME0600-0710CZL		REGULIER	
	SF2111	CZL0810-0905ALG		REGULIER	
	SF2220	ALG1400-1500ORN		ENSP	
	SF1912	ORN1600-1730HME	B738-4	SH/DP	
	SF1520	ALG0930-1040HRM		REGULIER	
	SF1521	HRM1135-1240ALG		SH/DP	
	SF2110	ALG1400-1455CZL		REGULIER	
	SF1322	CZL1600-1740IAM	B738-1	SH/DP	
	SF3012	ALG0700-0920NTE		REGULIER/INT	
	SF3013	NTE1020-1240ALG		REGULIER/INT	
	SF3000	ALG1425-1655CDG		REGULIER/INT	
SF3001	CDG1815-2045ALG	REGULIER/INT			

PLAN 5072 ETUDES DAAG TO DAUH 73W2 M79/F IFR 08/08/17
 NONSTOP COMPUTED 1229Z FOR ETD 1200Z PROGS 0806UK 7T-VCD KGS

	E.FUEL	A.FUEL	E.TME	NM	NAM	FL
DEST DAUH	002650	. . . . .	00/59	0370	0371	370
R.R.	000200	. . . . .	00/05			
ALT DAUG	001338	. . . . .	00/29	0149	0149	180
HOLD	001200	. . . . .	00/30			
XTR	000000	. . . . .	00/00	SIGN	CDB	.....
TOF	005388	. . . . .	02/04	TRK	ALGHME	
TAXI	000150	CORR.	+ / -			
BLOCK	005538	. . . . .	02/04	BLOCK	FUEL	.....

FL 370

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0023KGS

ALT AIRPORT	CIE NAME	COST INDEX
BLOCK	NUMERO B/L	
CMD (-)	QUANTITY	
MAX B/O		

	E. WT	CORR.	OP. LIMIT	STRUC.	REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC	043187	. . . . .		
EPLD	019392	. . . . .		
EZFW	062579	. . . . .	ZFW	062731 /	. . . . .
TOF	005388	. . . . .		
ETOW	067967	. . . . .	OTOW	079015 /	. . . . .
EB/O	002650	. . . . .		
ELAW	065317	. . . . .	LAW	065317 /	. . . . .

DAAG SID5 BSA UJ36 TGU UJ27 HME..DAUH

BLOCK OFF	LANDING	FOB. TO
BLOCK ON	TAKE OFF	FOB. LAW
		CODE
TIME	TIME	DELAI

WIND P000 MXSH 4/TOD

MET /

CLEARANCE /

PLAN 5063 ETUDES DAAG TO LFST 73W2 M79/F IFR 08/08/17
 NONSTOP COMPUTED 1125Z FOR ETD 1200Z PROGS 0000ADF 7T-VCD KGS

	E.FUEL	A.FUEL	E.TME	NM	NAM	FL
DEST LFST	005141	. . . . .	01/54	0778	0789	340
R.R.	000257	. . . . .	00/06			
ALT LFLL	001863	. . . . .	00/44	0243	0259	270
HOLD	001200	. . . . .	00/30			
XTR	000000	. . . . .	00/00	SIGN	CDB	.....
TOF	008461	. . . . .	03/14	TRK	ALG-SXB	
TAXI	000150	CORR.	+ / -			
BLOCK	008611	. . . . .	03/14	BLOCK	FUEL	.....

FL 340/IRMAR 280

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0036KGS

ALT AIRPORT CIE NAME COST INDEX
 BLOCK NUMERO B/L
 CMD (-) QUANTITY
 MAX B/O

	E. WT	CORR.	OP. LIMIT	STRUC.	REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC	043187	. . . . .		
EPLD	018810	. . . . .		
EZFW	061997	. . . . .	ZFW	. . . . .	062731 /
TOF	008461	. . . . .		
ETOW	070458	. . . . .	OTOW	. . . . .	079015 /
EB/O	005141	. . . . .		
ELAW	065317	. . . . .	LAW	. . . . .	065317 /

DAAG..PECES UN853 PENDU UL164 LUL..LFST

BLOCK OFF	LANDING	FOB. TO
BLOCK ON	TAKE OFF	FOB. LAW
		CODE
TIME	TIME	DELAI

WIND M010 MXSH 2/FIR

MET /

CLEARANCE /

PLAN 5073 ETUDES DAUH TO DAAG 73W2 M79/F IFR 08/08/17
 NONSTOP COMPUTED 1231Z FOR ETD 1200Z PROGS 0806UK 7T-VCD KGS

	E.FUEL	A.FUEL	E.TME	NM	NAM	FL
DEST DAAG	002511	. . . . .	00/56	0348	0347	340
R.R.	000210	. . . . .	00/05			
ALT DAOO	001892	. . . . .	00/43	0228	0250	240
HOLD	001200	. . . . .	00/30			
XTR	000000	. . . . .	00/00	SIGN	CDB	.....
TOF	005813	. . . . .	02/14	TRK	HMEALG-RNAV	
TAXI	000150	CORR.	+ / -			
BLOCK	005963	. . . . .	02/14	BLOCK	FUEL	.....

FL 340

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0020KGS

ALT AIRPORT CIE NAME COST INDEX
 BLOCK NUMERO B/L
 CMD (-) QUANTITY
 MAX B/O

	E. WT	CORR.	OP. LIMIT	STRUC.	REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC	043187	. . . . .		
EPLD	018828	. . . . .		
EZFW	062015	. . . . .	ZFW	. . . . .	062731 /
TOF	005813	. . . . .		
ETOW	067828	. . . . .	OTOW	. . . . .	079015 /
EB/O	002511	. . . . .		
ELAW	065317	. . . . .	LAW	. . . . .	065317 /

DAUH SID1 TGU UJ36 BSA UJ66 ALR..DAAG

BLOCK OFF LANDING FOB. TO
 BLOCK ON TAKE OFF FOB. LAW
 CODE
 TIME TIME DELAI

WIND M001 MXSH 3/MAHDI

MET /

CLEARANCE /

PLAN 5064 ETUDES LFST TO DAAG 73W2 M79/F IFR 08/08/17
 NONSTOP COMPUTED 1127Z FOR ETD 1200Z PROGS 0000ADF 7T-VCD KGS

	E.FUEL	A.FUEL	E.TME	NM	NAM	FL
DEST DAAG	004849	. . . . .	01/55	0779	0790	330
R.R.	000242	. . . . .	00/06			
ALT DAOO	001893	. . . . .	00/44	0228	0253	240
HOLD	001200	. . . . .	00/30			
XTR	000000	. . . . .	00/00	SIGN	CDB	.....
TOF	008184	. . . . .	03/15	TRK	SXB-ALG	
TAXI	000150	CORR.	+ / -			
BLOCK	008334	. . . . .	03/15	BLOCK	FUEL	.....

FL 330/LUTIX 350/NEMOS 360/BALSI 370

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE: KGS
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0048KGS

ALT AIRPORT CIE NAME COST INDEX
 BLOCK NUMERO B/L
 CMD (-) QUANTITY
 MAX B/O

	E. WT	CORR.	OP. LIMIT	STRUC.	REASONS FOR OP. LIMIT
BASIC	043187	. . . . .		
EPLD	018794	. . . . .		
EZFW	061981	. . . . .	ZFW	. . . . .	062731 /
TOF	008185	. . . . .		
ETOW	070166	. . . . .	OTOW	. . . . .	079015 /
EB/O	004849	. . . . .		
ELAW	065317	. . . . .	LAW	. . . . .	065317 /

LFST..LUPEN Y711 NATOR N869 RINLI UN869 NEMOS..GVA..FIR..BALSI
 UN852 GENIO UN855 BUYAH..DAAG

BLOCK OFF LANDING FOB. TO
 BLOCK ON TAKE OFF FOB. LAW
 CODE
 TIME TIME DELAI

WIND M007 MXSH 1/GVA

MET /

CLEARANCE /