

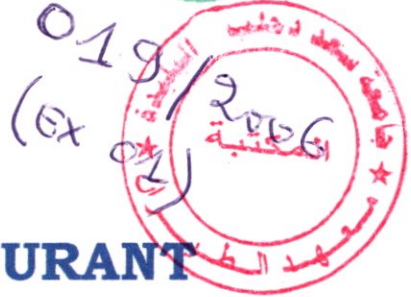
République Algérienne Démocratique Et Populaire

Ministère De l'Enseignement Supérieure Et De La Recherche Scientifique

الخطوط الجوية الجزائرية
AIR ALGÉRIE



Université De Blida
Département D 'Aéronautique



THEME

**ECONOMIE DE CARBURANT
POUR LES
B737-800 ET B737-600**

Mémoire

De Fin D'étude

En vue de l'obtention du Diplôme d'Ingénieur D'état en Aéronautique.

Option : Opérations Aériennes.

Préparé par :
EL KETTAS Sabah
GUECEM Radia

Encadré par :
Mr TERMELIL Farid

Promotion 2005 - 2006

Remerciements

Louange à Dieu,

On adresse nos remerciements à notre promoteur Mr TERMELLIL FARID pour nous avoir fourni une aide précieuse tant par l'intérêt qu'il a apporté à notre travail que pour sa grande disponibilité durant la période de notre projet et ses nombreux conseils utiles au bon déroulement du travail.

On remercie Djalal de sa disponibilité et de son accueil dans la salle de navigation.

On remercie tout particulièrement notre directeur Mr BERGHEUL Saïd.

On remercie aussi tous les ingénieurs et TNAO de Air Algérie ainsi que Mr MERDAS et Mr FETHI.

On tient à témoigner notre gratitude à toute personne ayant contribué de près ou de loin à ce travail et pour leurs soutient. Ainsi que tous les amis de l'Institut.

Enfin, on remercie Messieurs les membres du jury qui nous ont fait l'honneur de siéger, espérant qu'ils trouvent l'expression de nos profonds respects et croire à notre sincère gratitude.

Dédicaces

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chères parents qui m'ont toujours aidé et veiller sur moi durant toute ma vie.

A ma très chère grande mère MAMA ZAHIA.

A mes chères sœurs Mounia et Nassima.

A mon cher frère Hichem.

A mes cousines Zoulikha et Nawel.

A tous mes oncles, tantes, cousins et cousines.

A mon cousin Cherid Rachide.

Sans oublier ma meilleure amie et binôme Sabah.

Radia

Je dédie ce modeste travail :

A mes très chères parents qui m'ont soutenue et veiller sur moi durant toute ma vie.

A mes très chers frères Farid et Younes.

A ma charmante sœur Madina.

A ma cousine Nacima.

A mes grands parents.

A mes oncles, tantes, cousins et cousines.

Sans oublier ma très chère amie et binôme Radia.

A MAMA ZAHIA.

A mes amies Fadhela, Khadidja, Souhila, Nawel et Amel.

Sabah

Ce travail est dédié également à nos amis,

*- Sabrina, Hind, Salima, Samiha, Asma, Mohamed Krim, Saïd, Tarik,
Mohamed Touari, Yacine, Saïd Benazzouz, Rafik ainsi qu'à tous nos amis
de l'USTHB et de BLIDA.*

Sabah et Radia

RESUME

Le carburant constitue un poste de dépense important pour les compagnies aériennes .Ce poste s'est trouvé accru depuis 2004, avec la hausse du prix du pétrole et corrélativement celle du prix du kérosène. La réduction de la consommation est au coeur de leurs préoccupations. Les compagnies cherchent à limiter l'impact de leurs activités afin de poursuivre leur développement.

L'ensemble de ces mesures :

- Optimisation des routes ;
- Un choix judicieux de pistes de décollage ;
- La limitation de la masse embarquée ;
- Diminuer le temps de roulage ;
- Avoir un centrage arrière ;
- Utilisation de tracteurs électriques ou diesel (GPU) pour les gros avions ;
- Un bon entretien des moteurs et des cellules ;
- Connaître les performances réelles de l'appareil ;
- Optimisation des altitudes de vol ;
- Optimisation des vitesses de vol ;

Permet une réduction de la consommation de carburant.

Abstract

Fuel constitutes a station of expense importing for companies aerial .

This station was increased since 2004, with the rise of the price of oil and correlatively the one of the price of the kerosene. The reduction of the consumption is to the heart of their preoccupations. Companies try to limit the impact of their activities in order to pursue their development.

The set of these measures:

- Optimization of roads;
- A choice discriminating of takeoff tracks ;
- The limitation of the mass embarked ;
- To decrease the time of taxiway ;
- To have a rear balance ;
- Electric tractor use or diesel (GPU) for the thick planes ;
- A good interview of motors and cells ;
- To know the real performances of the device ;
- Optimization of flight altitudes ;
- Optimization of flight speeds ;

Could permit a reduction of the fuel consumption.

SOMMAIRE

INTRODUCTION.....	11
CHAPITRE I PRESENTATION DE LA COMPAGNIE ET APPAREILS	
I. Présentation de la compagnie.....	13
I.1. Historique actualités et perspectives.....	13
I.2. Les missions.....	14
I.3. Organisation	14
I.3.1. Composition de la direction générale.....	14
I.3.2. Des Directions Centrales, réparties par nature d'activités..	14
I.4. Le réseau de la compagnie	15
I.4.1-Réseau domestique.....	15
I-4-2-Réseau international.....	15
I.5. Composition de la flotte d'AIR ALGÉRIE.....	16
II. Présentation des appareils étudiés « B737-800, B737-600 ».....	17
II.1. Dimensions	19
II.2. Masses.....	20
II.3. Performances.....	20
CHAPITRE II POLITIQUE CARBURANT	
I. Introduction.....	21
II. Politique carburant.....	21
II.1. Politique d'emport carburant selon JAR-OPS-125.....	21
II.2. Préparation de vol avec escale technique facultative (ETF)..	24
III. L'économie du carburant.....	25
CHAPITRE III PLAN DE VOL TECHNIQUE	
I. Introduction.....	27
II. Validité du JETPLAN.....	28
III. Détermination de la meilleure route.....	28
IV. Calcul du carburant.....	28
V. Préparation du vol avec JETPLAN.....	29
VI. Description du plan de vol technique	29
VII. Abréviation.....	32
CHAPITRE IV PROCEDURES PRE VOL	
I. Optimisation distance.....	33
I.1. Introduction.....	33
I.2. Choix de la route.....	33
I.3. Choix de la piste au décollage.....	34

I.4. Exemple pour le choix de la route.....	34
II. Transport de carburant.....	36
II.1. Introduction.....	36
II.2. Coefficient de transport	36
II.2.1. Variation de K en fonction de la distance.....	36
II.2.2. Intérêt du transport carburant.....	37
II.2.3. Les raisons de transport carburant.....	38
II.2.4. Conséquences du transport de carburant.....	38
II.2.5. Limitations du transport carburant.....	38
II.2.6. Ordre de grandeur de coefficient de transport.....	39
II.3. Transport de carburant.....	39
II.4. Exemples chiffrés.....	40
II.5. Masse au décollage.....	43
II.5.1. L'Effet de surcharge au décollage.....	43
II.5.2. Exemples chiffrés	44
III. Le roulage.....	45
III.1. Introduction.....	45
III.2. Consommation carburant au roulage.....	45
III.3. Conclusion.....	46
IV. Position du centre de gravité.....	47
IV.1. Introduction.....	47
IV.2. Influence du centre de graviter sur la consommation carburant	47
IV.3. Le changement de CG avec la réduction de la masse.....	47
IV.4. Exemples chiffrés.....	48
V. Utilisation de l'APU.....	49
V.1. Définition.....	49
V.2. Consommation APU.....	49
V.3. La mise en marche des moteurs.....	50
V.4 La poussée pour le déplacement initial de l'avion.....	50
V.5. Caractéristique de consommation carburant au décollage....	51
V.6. Conclusion.....	51
VI. Amélioration technique sur l'avion.....	52
VI.1. La Traînée.....	52
VI.2. Traînée parasite.....	52
VI.3. Remèdes pour réduire la traînée.....	52
VI.4. Traînée induite (conséquence de la portance).....	53
VII. Dégradation de performances avion et entretien.....	67
VII.1. Introduction	67
VII.2. Principe de mesure des performances	67
VII.3. Paramètres influant sur la dégradation	68

VII.4. Le concept d'entretien avion.....	70
VII.5. Conclusion.....	71
VII.6. Exemples chiffrés.....	72
VIII. Utilisation de la poussée réduite au Décollage.....	79
VIII.1. Introduction.....	79
VIII.2. Détermination de la poussée réduite	79
VIII.2.1. Flexible take-off	79
VIII.2.2. Derated take-off thrust.....	80
VIII.3. Conditions d'utilisation de la poussée réduite.....	81
VIII.4. Restriction d'utilisation.....	82
VIII.5. La consommation carburant et la poussée réduite.....	82

CHAPITRE V PERFORMANCES AVION

I. La montée.....	84
I.1. Introduction.....	84
I.2. La montée pour les B737-800 et B737-600.....	84
I.3. Altitude de croisement.....	84
II. La croisière.....	86
II.1. Introduction.....	86
II.2. Le choix de l'altitude de croisière.....	86
II.2.1. Altitude optimale.....	86
II.2.2. Optimisation de la croisière avec la montée en palier 'stepped climb'.....	90
II.2.3. Altitude optimale sur les étapes courtes.....	92
II.3. Optimisation de la vitesse de croisière.....	95
II.4. Influence du vent sur l'altitude optimale.....	96
II.5. Le FMS et le cost index (CI).....	100
II.5.1. Le FMS.....	100
II.5.2. Le cost index.....	101
III. La descente.....	103

III.1. Introduction.....	103
III.2.La descente pour les B737-800 et B737-600.....	103
III.3. Effet de la descente sur la consommation de carburant.....	103
III.4. Modes de descentes.....	104
III.4.1. Descente contrôlée.....	104
III.4.2. Descente prématurée.....	104
IV. L'attente.....	105
V. L'approche.....	106
CONCLUSION.....	107

ANNEXES

ANNEXE 1 : LE ROULAGE

ANNEXE 2 : AMELIORATION TECHNIQUE SUR L'AVION

ANNEXE 3 : DEGRADATION DES PERFORMANCES AVION

ANNEXE 4 : LA CROISIERE

BIBLIOGRAPHIE

FIGURES

Figure 1 : Evolution du prix du pétrole	11
Présentation de la compagnie et appareils	
Figure 1 : Vue de dessus pour les B737 N.G.....	17
Figure 2: Vue de face pour les B737 N.G.....	18
Figure 3 : Vue de profil pour les B737 N.G.....	18
Politique carburant	
Figure 1 : Les réserves de carburant dans le JAR-OPS.....	23
Figure 2 : Escale Technique Facultative.....	24
Procédures pré vol	
Figure 1 : ALG-SVO suivant deux routes.....	35
Figure 2 : Variation de K en fonction de la distance.....	36
Figure 3 : Caractéristique de consommation carburant au roulage (737)...	51
Figure 4 : La consommation de carburant et les coûts de maintenance due à l'utilisation de la poussée réduite.....	82
Performances avion	
Figure 1 : Profil de montée.....	84
Figure 2: Détermination de l'altitude optimale pour un mach constant (B737-600).....	86
Figure 3: Détermination de l'altitude optimale pour un mach constant (B737-800 sans winglets).....	87
Figure 4: Détermination de l'altitude optimale pour un mach constant (B737-800 avec winglets).....	87
Figure 5: Altitude optimale B737-600.....	88
Figure 6: Altitude optimale B737-800 sans winglets.....	89
Figure 7: Altitude optimale B737-800 avec winglets.....	89
Figure 8 : Croisière par paliers successifs encadrant l'altitude optimale....	91
Figure 9 : Profil de montée en escalier.....	92
Figure 10 : Altitude optimale pour les étapes courtes (B737-600-7B22).....	93
Figure 11 : Altitude optimale pour les étapes courtes (B737-800-7B24).....	93
Figure 12 : Altitude optimale pour les étapes courtes (B737-800-7B26).....	94
Figure 13 : Altitude optimale pour les étapes courtes (B737-800-7B27).....	94

Figure 14 : Optimisation de la vitesse de croisière.....	95
Figure 15 : Influence du vent sur le Mach.....	96
Figure 16 : Influence du vent sur l'altitude optimale (B737-600/0.79M).....	97
Figure 17 : Influence du vent sur l'altitude optimale (B737-600/ LRC).....	97
Figure 18: Influence du vent sur l'altitude optimale (B737-800 sans winglets / 0.79M).....	98
Figure 19 : Influence du vent sur l'altitude optimale (B737-800 sans winglets / LRC).....	98
Figure 20 : Influence du vent sur l'altitude optimale (B737-800 avec winglets / 0.79M).....	99
Figure 21 : Influence du vent sur l'altitude optimale (B737-800 avec winglets /LRC).....	99
Figure 22 : Courbe des coûts en fonction du mach.....	102
Figure 23 : Profil de descente.....	103
Figure 24 : Profil de descente prématurée.....	104

TABLEAUX

Procédures pré vol	
Tableau 1 : Tableau comparatif entre deux routes.....	35
Tableau 2 : Limitations du transport carburant.....	38
Tableau 3 : coefficient de transport en fonction de la distance (B737-800).....	39
Tableau 4 : coefficient de transport en fonction de la distance (B737-600).....	39
Tableau 5: Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant en mois / Mars (B737-800).....	40
Tableau 6: Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant en mois / Mars (B737-600).....	40
Tableau 7: Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant en mois / Mai (B737-800) vols internationaux	41
Tableau 8: Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant	41

en mois / Mai (B737-800) vols domestiques.....	
Tableau 9: Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant en mois / Mai (B737-600) vols internationaux.....	41
Tableau 10: Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant en mois/ Mars (B737-600) vols domestiques.....	42
Tableau 11 : L'effet de surcharge au décollage	44
Tableau 12 : la surconsommation de carburant au roulage.....	46
Tableau 13 : Le gain de carburant obtenu pour une réduction de masse de 1000 LB par l'effet de variation de CG.....	48
Tableau 14 : la position du centre de gravité en fonction de différentes masses.....	48
Tableau 15 : Consommation de l'APU au sol.....	50
Tableau 16 : Consommation de l'APU en vol.....	50
Tableau 17 : Consommation de carburant due à l'utilisation de l'APU....	51
Tableau 18 : Surcoût due à l'augmentation de la traînée.....	52
Tableau 19 : 737-800 winglets performance comparison CFM56-7B27..	57
Tableau 20 : 737-800 winglets performance comparison CFM56-7B26..	61
Tableau 21 : 737-800 winglets performance comparison CFM56-7B24..	66
Tableau 22 : Coefficient de dégradation de performances B737-800.....	68
Tableau 23 : Consommation réelle pour différents coefficients de dégradations (B737-800).....	73
Tableau 24 : Consommation réelle pour différents coefficients de dégradations (B737-600).....	74
Tableau 25 : La surconsommation de carburant due à la dégradation de l'avion « B737-800 ».....	76
Tableau 26 : La surconsommation de carburant due à la dégradation de l'avion « B737-800 ».....	78
Tableau 27 : Les deux montant de derated pour les B737 N.G.....	80

Performances avion

Tableau 1 : Pénalité du rayon spécifique pour des déviations de l'altitude optimale.....	90
--	----

INTRODUCTION

Le transport aérien évolue rapidement, il s'en suit que plusieurs défis doivent être relevés et dont il faudra tenir compte au cours des prochaines années. Néanmoins, ces évolutions doivent être envisagés avec une très grande prudence.

L'augmentation considérable du trafic passager aux fins des années résulte essentiellement d'un saut technologique majeur ayant permis une réduction des coûts d'exploitation et des durées de vol.

En effet les compagnies aériennes essayent de réduire leurs coûts opérationnels dans chaque domaine d'activité.

Une bonne organisation est la première étape de la réussite d'une compagnie.

Elle ne peut être assurée que par le concours et la collaboration de l'ensemble des services.

Elle se fixe comme objectifs à atteindre :

- Avoir une meilleure rentabilité:
- Assurer le maximum de sécurité.
- Fournir de meilleures prestations.
- Être plus ponctuelle et régulière.

L'économie du carburant est devenue l'une de leurs préoccupations principales puisque le prix du pétrole a évolué durant ces dernières années, il est devenu le deuxième plus grand article du coût après le salaire des employés et représente approximativement 20% ou plus du budget total.

Le graphe ci dessous nous montre l'évolution du prix du pétrole :

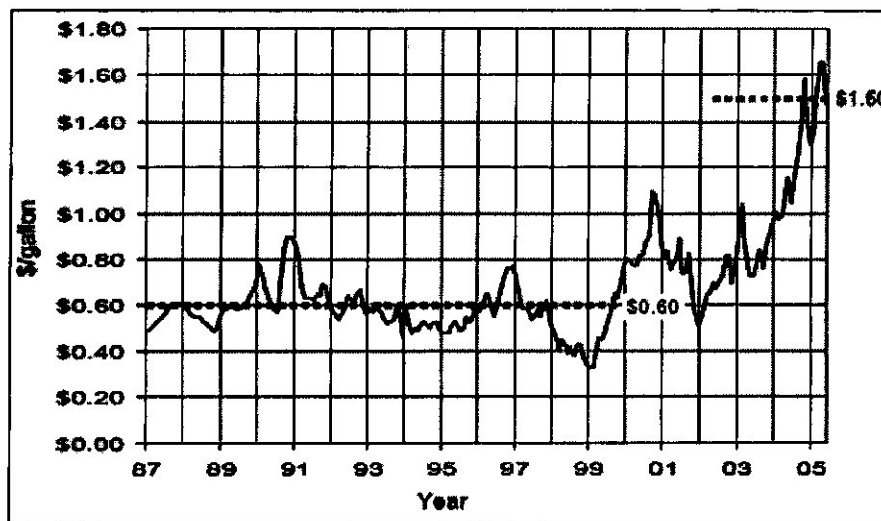


Figure 1 : Evolution du prix du pétrole

Introduction

C'est pourquoi tous les moyens de réduction des coûts carburant doivent être envisagés, la sécurité étant naturellement la priorité de n'importe quelle opération aérienne.

Dans notre projet on va développer une étude tendant à la diminution de la consommation du carburant impliquant un coût réduit.

CHAPITRE I
Présentation de la compagnie
et
appareils

Présentation de la compagnie et appareils

I. Présentation de la compagnie

I.1. Historique actualités et perspectives

La compagnie Air Algérie est une Entreprise Publique Economique, société par actions au capital social de 14 000 000 000 de DA. Elle évolue en tant qu'entité autonome depuis février 1997, en vertu de l'acte notarié N°84 B 027 du 17 février 1997.

Première Société Nationale de Transport Aérien des passagers et du fret avec plus d'un demi-siècle de métier, les annales de l'Entreprise qui bat pavillon National sont marquées par des dates historiques :

- Depuis la fin de la 2ème guerre mondiale, le réseau des lignes aériennes entre l'Algérie et la France était desservi par la société « Air Transport ».
- En 1947, Air Algérie est née dans le but d'exploiter ce même réseau.
- Le 23 Mai 1953, après la fusion des deux compagnies, le transport aérien entra officiellement en activité.
- Après l'indépendance de l'Algérie, en Janvier 1963, Air Algérie devient une compagnie Nationale sous tutelle du Ministère des transports qui contrôle pour le compte de l'Etat Algérien qu'il représente 51% du Capital de la Compagnie.
- En 1970, les parts contrôlées par l'Etat Algérien atteignent 83% du Capital et la Compagnie Air Algérie procède au renouvellement de sa flotte.
- Le 26 Mars 1971 est une date historique pour l'Entreprise. Venant de Seatel (USA), deux Boeing 727-200 arrivent à Alger dotés des perfectionnements techniques et commerciaux les plus récents.
- Deuxième date historique, le 15 Décembre 1972, l'état algérien détient 100% des parts d'Air Algérie. Cette Nationalisation, au même titre que celle des hydrocarbures devient effective en 1974, date à laquelle l'Etat porte sa participation effective à 100% par le rachat des 17% encore détenus par Air France.
- En 1973, l'Etat décide d'intégrer à Air Algérie, la Société de Travail Algérien « STA ».
- Pendant la décennie 1980, la flotte s'enrichit d'une race d'avion « Air Bus » de type gros porteur, parfaitement adapté à l'exploitation de certaines lignes génératrices d'un fort courant de trafic tel que Alger - Paris.
- En 1983, compte tenu de la croissance du trafic intérieur, le Transport Aérien sur les lignes intérieures et le travail aérien sont confiés à une nouvelle Entreprise « Entreprise Nationale d'Exploitation Aérienne de

Transport intérieur et de Travail Aérien -Inter Air Service », scindant Air Algérie en deux entités distinctes : L'une pour les lignes intérieures, l'autre pour les lignes internationales. Mais celle-ci disparaît après dix mois de fonctionnement.

I.2. Les missions

La mission principale d'Air Algérie est le transport des passagers, bagages, fret et courriers dans les conditions optimales de confort de régularités et de sécurité.

Les ressources de la compagnie sont générées également par d'autres activités en plus de celles des passagers à savoir :

- Fret.
- Travail aérien.
- Maintenance aéronautique.
- Hôtellerie.
- Assistance au sol.

I.3. Organisation

L'Entreprise Publique Economique, Société par Actions EPE / SPA, dénommée Air Algérie, exerce ses activités de transport aérien de passagers et du fret à travers l'organisation suivante :

I.3.1. Composition de la Direction Générale

- Un staff de spécialistes assistants et conseillers.
- Une cellule communication.
- Une inspection Générale (siège et Exploitation).
- Une Direction de la Sûreté Interne de l'Entreprise.
- Un Secrétariat Général chargé de la coordination.
- Une Sous -Direction des Moyens généraux.

I.3.2. Des Directions Centrales, réparties par nature d'activités

- Des Directions Fonctionnelles.
- Des Directions Opérationnelles
- Des Directions Techniques.

I.4. Le réseau de la compagnie

I.4.1-Réseau domestique

Adrar :	Bechar - Bordj Badji Mokhtar - Oran
Alger:	Adrar – Annaba – Batna – Bechar – Bejaia – Biskra – Constantine–Djanet – El-Goléa – El oued – Ghardaïa – Hassi Messaoud – Illizi – Ain Aménas – In Salah – Jijel – Mascara – Oran – Ouargla – Tamanrasset – Tébessa – Tiaret – Timimoun – Tindouf – Tlemcen – Touggourt.
Annaba:	Oran
Béchar:	Constantine– Ghardaïa – Oran – Timimoun – Tindouf
Constantine:	Béchar – Ghardaïa – Oran – Tamanrasset.
In Aménas:	Oran – Ouargla.
In Salah:	Ghardaïa – Ouargla – Tamanrasset.
El Goléa:	Tamanrasset.
Ghardaïa:	In Salah – Oran – Tamanrasset - Timimoun.
Illizi:	Djanet - Ghardaïa – Ourgla – Tamanrasset.
Oran:	Hassi Messaoud – Ouargla– Tamanrasset– Timimoun – Tindouf.
Ouargla:	Tamanrasset.

I-4-2-Réseau international

France :

Alger	Lille – Lyon – Marseille – Nice – Paris – Toulouse.
Oran	Lyon – Marseille – Paris – Toulouse.
Annaba	Lyon – Marseille – Paris.
Constantine	Lyon – Marseille – Paris.
Biskra	Lyon – Paris.

Europe :

Alger	Barcelone – Berlin – Bruxelles – Francfort – Genève – Istanbul – Londres – Madrid – Moscou – Prague – Rome.
Oran	Alicante.

Maghreb & Moyen Orient :

Alger	Amman –Le Caire – Casablanca – Damas – Nouakchott – Dubaï – Tunis.
Amman	Dubaï.
Casablanca	Nouakchott.

Afrique :

Alger	Bamako – Dakar – Niamey – Ouagadougou –Abidjan.
Tamanrasset	Agadez.

I.5. Composition de la flotte d'AIR ALGÉRIE

	Immatriculation	Modèle	Date d'acquisition
	7T-VJV	737-400	2005
	7T-VJW	737-400	2005
	7T-VJX	737-400	2005
	7T-VJY	737-400	2005
	7T-VJZ	737-400	2005
	7T-VJG	737-400	1990
	7T-VJH	737-400	1990
	7T-VJI	737-400	1990
	7T-VJJ	737-400	2000
	7T-VJK	737-400	2000
	7T-VJL	737-400	2000
	7T-VJM	737-400	2000
	7T-VJN	737-400	2001
	7T-VJO	737-400	2001
	7T-VJP	737-400	2001
	7T-VKA	737-400	2005
	7T-VKB	737-400	2005
	7T-VKC	737-400	2005
	7T-VJO	737-400	2002
	7T-VIR	737-400	2002
	7T-VIS	737-400	2002
	7T-VIT	737-400	2002
	7T-VIU	737-400	2002
	7T-VES	737-400	1977
	7T-VUI	737-400	2003
	7T-VUL	737-400	2004
	7T-VUM	737-400	2003
	7T-VUJ	737-400	2003
	7T-VUK	737-400	2003
	7T-VUN	737-400	2003
	7T-VHG	737-400	1981
	7T-VHL	737-400	1981
	7T-VRO	737-400	1976
	7T-VRK	737-400	1977

II. Présentation des appareils étudiés « B737-800, B737-600 »

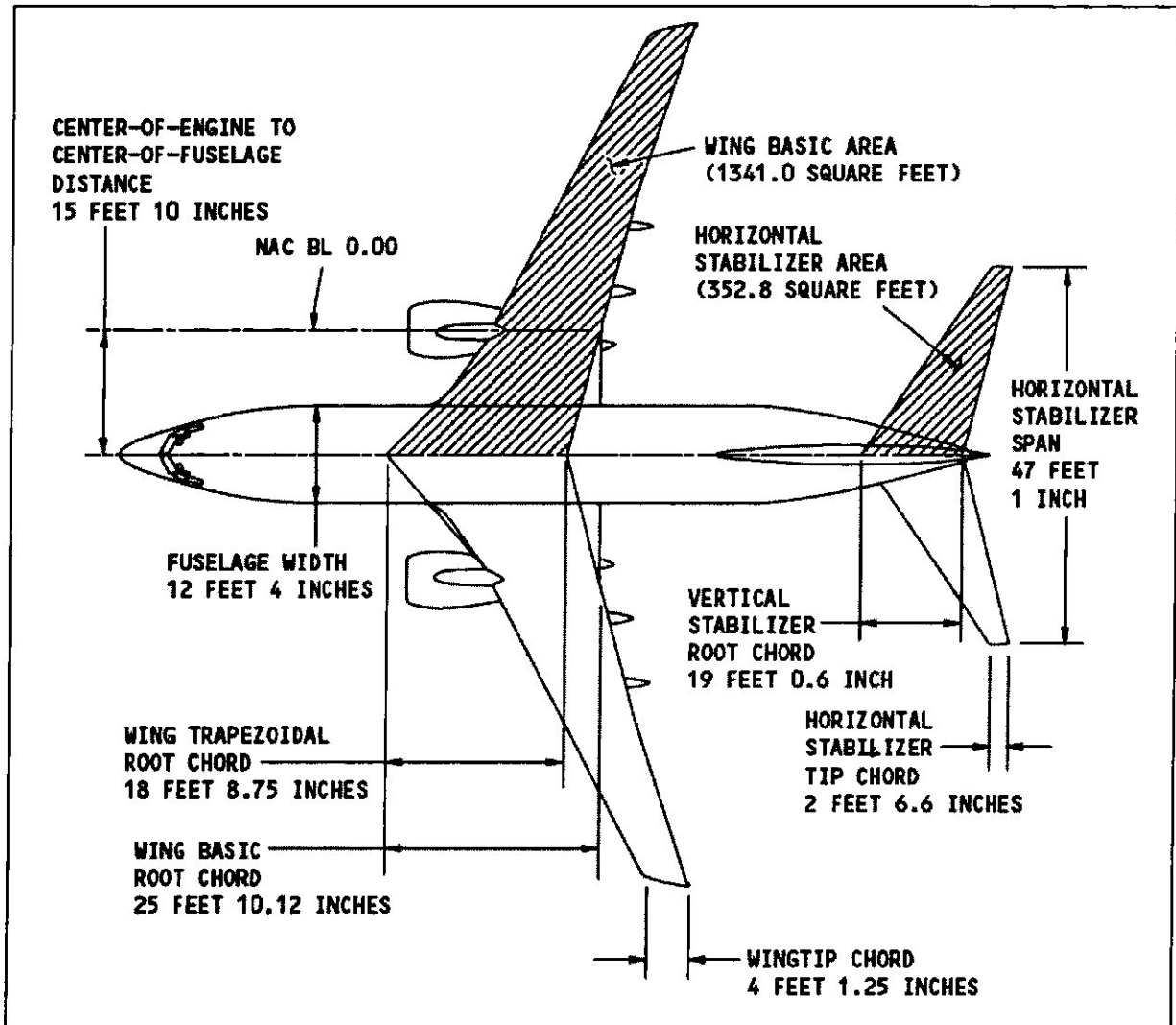


Figure 1 : Vue de dessus pour les B737 N.G

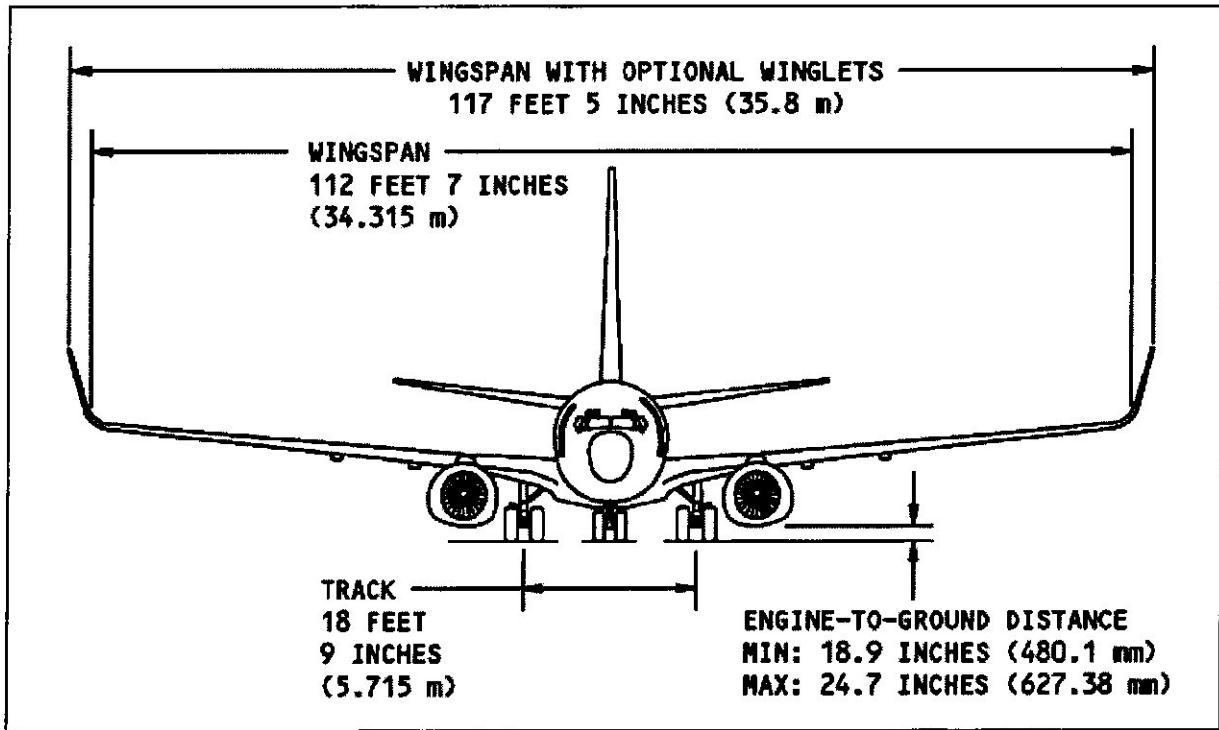


Figure 2: Vue de face pour les B737 N.G

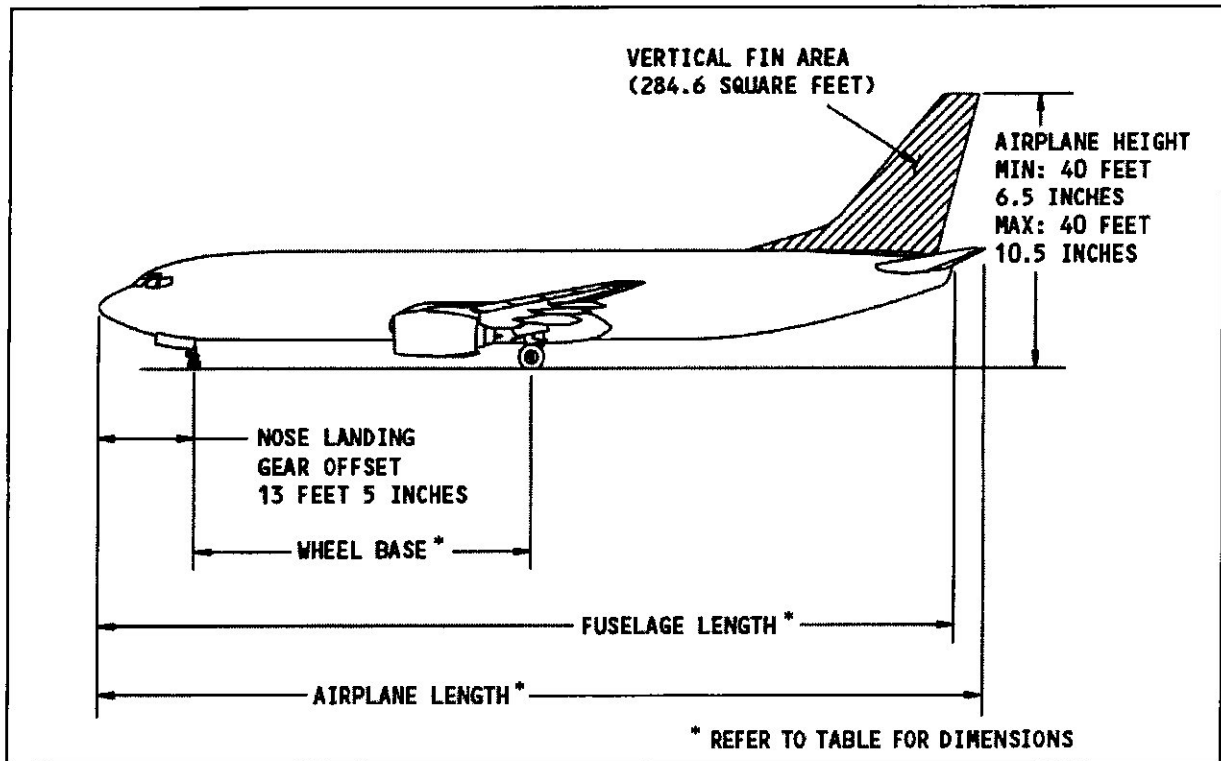


Figure 3 : Vue de profil pour les B737 N.G

III. Dimensions

	B737-600	B737-800
Longueur	31.20	35.50
Envergure	29.88	35.80
Hauteur	4.01	3.80
Envergure au sol	3.76	3.76
Envergure au décollage	8.01	10.20
Envergure au roulage	149	130
Envergure au décollage	130	130
Envergure au roulage	3.53	3.76
Envergure au décollage	34.32	34.32
Envergure au roulage	124.58	124.58
Envergure au décollage	9.45	9.45
Envergure au roulage	0.159	0.159
Envergure au décollage	7.88	7.88
Envergure au roulage	1.25	1.25
Envergure au décollage	3.96	3.96
Envergure au roulage	12.6	12.6
Envergure au décollage	7.16	7.16
Envergure au roulage	26.44	26.44
Envergure au décollage	5.22	5.22
Envergure au roulage	1.91	1.91
Envergure au décollage	0.271	0.271
Envergure au roulage	35	35
Envergure au décollage	14.35	14.35
Envergure au roulage	32.78	32.78
Envergure au décollage	6.55	6.55
Envergure au roulage	6.16	6.16
Envergure au décollage	0.203	0.203
Envergure au roulage	5.76	5.76
Envergure au décollage	2	2
Envergure au roulage	27	27
Envergure au décollage	7.75	7.75
Envergure au roulage	146-208	146-208
Envergure au décollage	4	4

Longueur de la roue principale (mm)	43.5 or 44.5	44.5
Longueur du pas de la roue principale (mm)	14.5	14.5
Pression de la roue principale (psi)	117-205	120-205

II.2. Masses

Séries	B737-600		B737-800	
	7B22	7B27	7B26-7B24	
Statistiques (kg)				
Max ramp	65771	78471	73028	
Max take off	65544	78244	72801	
Max landing	55112	65317	65317	
Max cargo	51936	61688	61688	
Statistiques (lts)				
Max ramp	26022	26022	26022	
Max landing	20894	20894	20894	

II.3. Performances

Séries	B737-600	B737-800
Performances		
Altitude de croisière (ft)	522.39	627.77
Spécifications (kt/Mach)		
Max Cruise	340/0.82	340/0.82
Longueurs de piste		
Max Mach	230/0.785	230/0.785
Max (ft)	450	450
Max (ft)	41000	41000
Max Thrust (kg/h)	1932	2187
Max Thrust with max payload (kg/h)	3153	2926
Position Parameters		
Max Thrust (kg)	0.0534	0.0465
Max Thrust (seats/min)	421212	547583

CHAPITRE II
Politique carburant

Politique carburant

I. Introduction

La réglementation impose, en plus de délestage prévu sur une étape certaines réserves de carburant pour faire face à certaines situations (météorologiques, trajectoire de l'étape, contraintes dues au trafic aérien.).

Les calculs de carburant sont effectués à partir des données de consommation fournies par le constructeur de l'avion (sous forme d'abaques pour les calculs manuels ou des formules pour les calculs par ordinateur). Ces données correspondent à un avion standard (déterminées pour un type d'avion par le calcul et lors d'essai en vol).

Les quantités sont fixées par l'arrêté du 5 novembre 1987 paragraphe 7-10 figurant au chapitre 3 du règlement de transport aérien.

II. POLITIQUE CARBURANT

II.1. Politique d'emport carburant selon JAR-OPS-125

- a) Un exploitant doit établir une politique carburant pour les besoins de la planification vol et de replanification en vol pour s'assurer qu'à bord, sur chaque vol, une quantité de carburant suffisante pour le vol prévu et de réserve pour convenir les écarts par rapport à l'opération envisagée.
- b) Un exploitant doit s'assurer que lors la préparation du vol le calcul de la quantité minimum de carburant utilisable nécessaire pour le vol comprend :
 - i) Le carburant pour le roulage(r).
 - ii) La consommation d'étape (délestage « d »).
 - iii) La réserve de route (RR).
 - iv) La réserve finale (RF).

→ Carburant pour le roulage

La quantité de carburant prévue pour le roulage ne doit 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.

→ Consommation de l'étape (délestage)

Elle doit inclure :

- a) Le carburant utilisé pour le décollage et la montée jusqu'au niveau de croisière compte tenue du départ prévu,

- b) Le carburant utilisé du début de la descente jusqu'au début de la procédure d'approche et compte tenue de la procédure d'arrivée prévue,
- c) Le carburant utilisé de la 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.

→ **La réserve de route (RR)**

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

A- soit :

1. 5% de la consommation d'étape ou en cas de replanification en vol 5% de la consommation prévu pour le reste de l'étape.
2. Au moins de 3% de la consommation d'étape, en cas de replanification en vol 3% de la consommation prévue pour le reste de l'étape, sous réserve de l'approche de l'autorité et qu'un aérodrome de dégagement en route soit disponible.
3. Une quantité correspondant à 20 mn de la consommation d'étape prévue pour ce vol
4. Une quantité au moins égale à 15 mn à la vitesse à 1500ft (450m) au-dessous 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 statistique permettant la détermination de réserve de route pour cette combinaison avion/route.

B- soit :

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

→ **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 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 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'approche d'arrivée prévue
- e. L'approche et l'atterrissage sur l'aérodrome de décollage sélectionné en accord avec le JAR OPS 1-295
- f. Si conformément au JAR OPS 1-295 deux aérodromes de décollage sont nécessaires, le carburant pour le décollage doit être suffisant pour voler jusqu'à l'aérodrome de décollage exigeant une quantité de décollage plus importante.

→ La réserve finale (RF)

La réserve finale de carburant doit être :

- a. Pour les avions équipés de moteurs à pistons, la quantité nécessaire à un vol de 45mn.
- b. Pour les avions équipés de moteurs à réaction, la quantité de carburant nécessaire à un vol de 30mn à la vitesse de l'attente à 1500ft au-dessous de l'aérodrome, en condition standard, calculée en fonction de la masse estimée à l'arrivée à l'aérodrome de décollage de la destination ou de l'aérodrome de destination.

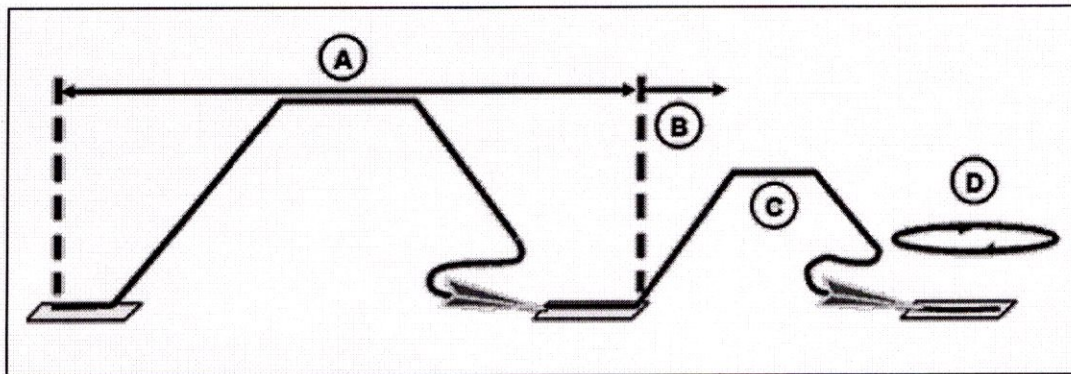


Figure 1 : Les réserves de carburant dans le JAR-OPS

- (A) : Délestage (d) ;
- (B) : Réserve de route (RR) ;
- (C) : Réserve de décollage (RD) ;
- (D) : Réserve finale (RF).

→ Carburant additionnel

A l'exception de l'exploitant Concorde, le carburant additionnel doit permettre :

- a. Une attente de 15mn à 1500ft au-dessous de l'aérodrome en condition standard, lorsque le vol est en région IFR sans aérodrome de décollage.

- b. En cas de panne éventuelle moteur ou de système de pressurisation, l'avion doit :
1. Descendre autant que nécessaire et poursuivre le vol jusqu'à un aérodrome adéquat,
 2. Attendre ensuite pendant 15mn à 1500ft au-dessous de l'aérodrome en condition standard,
 3. Effectuer une approche et un atterrissage.

→ Le carburant supplémentaire

Le carburant supplémentaire, qui doit être laissé à l'entière discrétion du commandant de bord.

II.2. Préparation de vol avec escale technique facultative (ETF)

→ Utilisée pour les étapes longues

- Limitation décollage ;
- Limitation capacité réservoirs.

→ But

- Réduire le carburant embarqué pour augmenter la charge offerte.

→ Méthode

- Choix d'un aérodrome plus proche de l'ETF pour réduire la quantité de carburant embarquée.
- Point de décision pour poursuite de vol en fonction du carburant restant (reclairance en vol)

Vol prévu : AB dégagement D

ETF C : dégagement D'

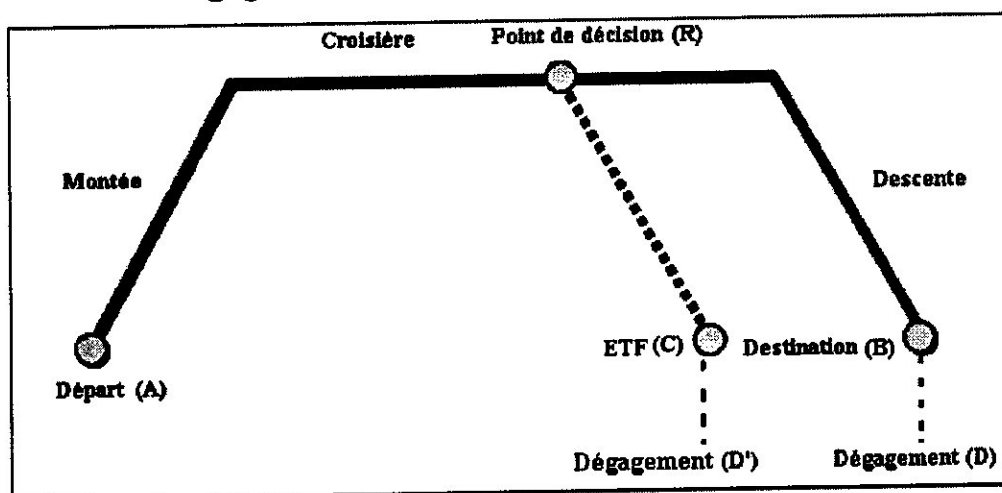


Figure 2 : Escale Technique Facultative

Quantité réglementaire sur le trajet direct AB

On suppose que add = supp = 0

$$Q_{DIR} = r + d_{AB} + RR_{AB} + RD_{BD} + RF$$

Quantité réglementaire sur le trajet direct AC (ETF)

$$Q_{ETF} = r + d_{AC} + RR_{AC} + RD_{CD'} + RF$$

Quantité réglementaire pour une reclairance

$$\text{Avec dégagement : } Q_{min1} = d_{RB} + RR_{RB} + RD_{BD} + RF$$

$$\text{Sans dégagement : } Q_{min2} = d_{RB} + RR_{RB} + RF + Add$$

→ Dépôt d'un plan de vol avec ETF

- La quantité commerciale de carburant à embarquer doit être telle que :

$$Q_{ETF} \leq Q_{EMB} < Q_{DIR}$$

- La quantité commerciale de carburant est fonction de la probabilité de réaliser le vol direct et des conditions prévues pour la reclairance en vol.

III. L'économie de carburant

Pour qu'une compagnie aérienne réalise une économie rentable, elle doit établir des procédures pré vol et en vol et les suivre pour limiter les dépenses en carburant.

→ **Plan de vol technique**

→ **Procédures pré vol**

- Optimisation distance
- Transport carburant
- Roulage (TAXI)
- Centre de gravité (centrage)
- Utilisation de l'APU
- Amélioration technique sur l'avion
- Dégradation des performances et entretien

- Utilisation de la poussée réduite au décollage

→ **Performances avion**

- La montée
- La croisière
- La descente
- L'attente
- L'approche.

CHAPITRE III
Plan de vol technique

Plan de vol technique

I. Introduction

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.

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

1. Immatriculation de l'avion ;
2. Type et variante de l'avion ;
3. Date du vol ;
4. Identification du vol ;
5. Lieu de départ ;
6. Heure de départ (heure bloc et heure de décollage réelles) ;
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 segment de route avec les points de report ou les points de cheminement, distances, temps et routes ;
11. Vitesse de croisière et durée de vol prévu 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 ;
14. Calculs carburant (relevés carburant en vol) ;
15. Carburant à bord lors de la mise en route des moteurs ;
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 ;
17. Clairance initiale du plan de vol circulation aérienne et reclairances ultérieures ;
18. Calculs de replanification en vol ;
19. Informations météorologiques pertinentes.

Les inscriptions sur le plan de vol technique doivent être faites en temps réel et de manière irréversible.

Le JETPLAN est calculé en fonction des conditions prévues du vol telles qu'elles sont connues au moment de la demande.

Le système de calcul est implanté au centre des opérations AIR ALGERIE à l'aéroport HOUARI BOUMEDIENE.

II. Validité du JETPLAN

Le chargement dans JETPLAN des données météorologiques à lieu deux fois par jour :

- Vers 06H00 Z le matin,
- Vers 18H00 Z le soir.

III. Détermination de la meilleure route

Dans chacun des cas, pour établir le plan de vol, JETPLAN procède selon les paramètres fixés par l'agent préparateur de vol :

- Mach, Niveaux de vol, Itinéraire fixés: JETPLAN calcule le profil demandé,
- Mach, Niveau de vol fixés : JETPLAN détermine l'itinéraire avec un vent effectif minimum,
- Mach fixé : JETPLAN détermine l'itinéraire avec un vent minimum et un niveau de vol optimum
- Mode Mini Fuel : JETPLAN détermine l'itinéraire, le niveau de vol et la TAS (True Air Speed)
- Mode Mini Time : JETPLAN détermine l'itinéraire, le niveau de vol et la TAS (True Air Speed)
- COST INDEX : JETPLAN détermine l'itinéraire, le niveau de vol et la TAS (True Air Speed)

IV. Calcul du carburant

Pour une route donnée et compte tenu de la masse prévue de l'avion, le système recherche le profil de vol optimum à l'aide des performances et du tableau d'accrochage.

Concernant les réserves :

La réserve de route est calculée en fonction du délestage et du coefficient de transport réels du vol.

Sur le plan de vol, est affichée la réserve de route restant à l'arrivée et son transport est inclus dans le délestage.

La réserve de dégagement est calculée à la masse réelle de l'avion et intègre le vent prévu sur le tronçon de dégagement.

La procédure aux instruments est incluse dans le délestage (d'étape et de dégagement) entre le TOD (Top of Descent) et l'arrivée.

De ce fait pour bénéficier des dernières prévisions météorologiques connues, un vol dont l'heure de départ se situe entre 08H00 Z et 20H00 Z peut être préparé à partir de 18H00 Z.

Cependant la nécessité de connaître le plus exactement possible, les autres éléments indispensables à l'élaboration du plan de vol comme la charge, les informations aéronautiques liées aux routes etc..., le JETPLAN doit être tiré le plus près possible de l'heure de briefing équipage.

V. Préparation du vol avec JETPLAN

La préparation du vol se fait avec JETPLAN sur la route retenue par le système, en fonction des critères vérifiés et retenus par l'agent (zones dangereuses, NOTAM etc...)

Les paramètres, relevés et informations qui doivent être obligatoirement consignés sur ce document sont les suivants :

- Heure bloc départ
- Heure bloc d'arrivée
- Heure décollage
- Heure d'atterrissage

En croisière :

Quantité de carburant consommée, au moins une fois par heure

Heures de passage réelles au moins une fois par heure.

VI. Description du plan de vol technique

Exemple :

Plan de vol technique en utilisant le B737-800 (7TVJJ) / ALGER-TOULOUSE

Pour chaque point de cheminement, la consommation et le temps de vol ainsi que les informations de navigation associées.

PLAN 5961 DAAG TO LFBO 737L M79/F IFR 22/02/05
NONSTOP COMPUTED 0841Z FOR ETD 1200Z PROGS 2200ADF VJJ KGS

		E.FUEL	A.FUEL	E.TME	NM	NAM	FL
DEST	LFBO	003451	. . . . .	01/20	0488	0540	360
R.R.		000172	. . . . .	00/05			
ALT	LFL	001527	. . . . .	00/38	0202	0204	290
HOLD		001200	. . . . .	00/30			
XTR		000000	. . . . .	00/00	VISA	CDB	.....
TOF		006350	. . . . .	02/33	TRK	ALG TLS-N01	
TAXI		000150	CORR.	+ / -			
BLOCK		006500	. . . . .	02/33	BLOCK	FUEL	.....

FL 360

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE:0134KGS
FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0043KGS

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	042429	. . . . .		
EPLD	015000	. . . . .		
EZFW	057429	. . . . .	ZFW	061688 /	
TOF	006350	. . . . .		
ETOW	063779	. . . . .	OTOW.	078244 /	
EB/O	003451	. . . . .		
ELAW	060328	. . . . .	LAW	065317 /	

DAAG SID9 SADAF UN856 RES UN863 AGN AGN4S LFBO

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

WIND M039 MXSH 4/SURIB

MET /

CLEARANCE /

DAAG ELEV	0082FT	ETA 1320Z											
WPT	AWY	FL	OAT	WIND	MCS	COMP	TAS	ZDST	ZT	ETA	ZFU	EFR	VAR
FREQ	MORA	TP	DEV	S	MH	TCS	G/S	DSTR	CT	ATA	CFU	AFR	
LAT/LONG													
CELBA		CLB	. . . . .	330	. . . . .	. . . . .	0032	0/08	. . . . .	009	0055	. . . . .
	083	. . . . .	. . . . .	325	329	. . . . .	0456	0/08	. . . . .	009	. . . . .	. . . . .
N37058E002515													
SADAF		CLB	. . . . .	330	. . . . .	. . . . .	0049	0/08	. . . . .	006	0049	. . . . .
	010	. . . . .	. . . . .	325	329	. . . . .	0407	0/16	. . . . .	014	. . . . .	. . . . .
N37482E002197													
TOC		360	. . . . .	330	. . . . .	. . . . .	0013	0/02	. . . . .	001	0048	. . . . .
	029	. . . . .	. . . . .	323	329	. . . . .	0394	0/18	. . . . .	016	. . . . .	. . . . .
N37594E002114													
SURIB	UN856	360	-53	28376	330	M56	456	0025	0/04	. . . . .	001	0046	. . . . .
	029	33	P03	4	323	329	400	0369	0/22	. . . . .	017	. . . . .	. . . . .
N38205E001550													
IZA	UN856	360	-53	28475	329	M56	456	0040	0/06	. . . . .	002	0044	. . . . .
	394.0	029	33	P03	4	323	329	400	0329	0/28	. . . . .	020	. . . . .
N38549E001282													
GATOS	UN856	360	-53	28675	355	M33	456	0033	0/05	. . . . .	002	0042	. . . . .
	029	32	P03	4	346	354	423	0296	0/33	. . . . .	022	. . . . .	. . . . .
N39280E001239													

EBROX UN856 360 -53 28773 355 M34 456 0075 0/10 ... 004 0038 ...
 027 32 P03 2 347 354 422 0221 0/43 ... 026

N40425E001139

RES UN856 360 -53 28871 355 M34 456 0027 0/04 ... 002 0036 ...
 114.2 054 31 P03 2 347 354 422 0194 0/47 ... 027

N41090E001103

SELVA UN863 360 -52 28971 357 M34 457 0003 0/00 ... 000 0036 ...
 054 31 P04 3 348 355 423 0191 0/47 ... 028

N41118E001100

KARES UN863 360 -52 28971 356 M34 457 0008 0/02 ... 000 0036 ...
 054 31 P04 3 348 355 423 0183 0/49 ... 028

N41199E001091

ARBK UN863 360 -52 28970 357 M32 457 0013 0/01 ... 001 0035 ...
 054 31 P04 3 349 356 425 0170 0/50 ... 029

N41326E001078

REBUL UN863 360 -52 29070 356 M34 457 0009 0/02 ... 001 0034 ...
 054 31 P04 3 348 355 423 0161 0/52 ... 029

N41419E001068

MOPAS UN863 360 -52 29169 357 M34 457 0044 0/06 ... 002 0032 ...
 126 31 P04 3 348 355 423 0117 0/58 ... 032

N42261E001021

TOD UN863 360 -52 29267 356 M34 457 0012 0/02 ... 001 0031 ...
 135 30 P04 4 349 355 423 0105 1/00 ... 032

N42384E001006

GIROM DSC 356 0008 0/01 ... 000 0031 ...
 135 349 355 ... 0097 1/01 ... 032

N42465E000598

AGN DSC 357 0067 0/11 ... 001 0030 ...
 114.8 135 355 355 ... 0030 1/12 ... 033

N43533E000524

SOTAK DSC 145 0005 0/01 ... 000 0030 ...
 086 142 143 ... 0025 1/13 ... 033

N43493E000565

D145N DSC 144 0008 0/02 ... 000 0030 ...
 086 143 143 ... 0017 1/15 ... 034

N43425E001036

SURAS DSC 179 0004 0/01 ... 000 0030 ...
 044 177 178 ... 0013 1/16 ... 034

N43385E001038

LFBO DSC 093 0013 0/04 ... 001 0029 ...
 044 094 092 ... 0000 1/20 ... 035

N43381E001221

FIRS LECB/1216 LFFF/1301
 (FPL-IS
 -B738/M- RWYX

-DAAG1200
 -N0456F360 SID9 SADAF UN856 RES UN863 AGN
 -LFBO0120 LFLI
 -EET/LECB0016 LFFF0101
 REG/7T-VJJ DAT/S
 -E/0233 P/TBN R/V S/MD J/L D/5 162 C Y
 A/WHITE/GREY)

END OF JEPPESEN DATAPLAN
 REQUEST NO. 5961

VII. Abréviations

WPT:	Waypoint	✓⑥①⑤①
FLE:	Flight level	Niveau de vol
WIND:	WIND	Le vent
TAS:	True Air Speed	Vitesse vraie
OTT:	Outbound True Track	Trajectoire vraie d'éloignement
OMT:	Outbound Mag. Track	Trajectoire magnétique d'éloignement
DST:	Ground distance	Distance sol
NAM:	Air Distance	Distance air
E.T.:	Elapsed Time	Temps écoulé
E.T.A:	Estimated Time of Arrival	Temps estimé d'arrivée
ECBO:	Estimated Cumulated Fuel Burn Off	Consommation carburant cumulée estimée
ACBO:	Actual Cumulated Fuel Burn Off	Consommation carburant cumulée réelle
EFOB:	Estimated Fuel On Board	Carburant à bord estimé
E.WT:	Estimated aircraft Weight	Poids avion estimé
AWY:	Airway	Voie aérienne
MSA:	Minimum Safe Altitude	Altitude minimale de sécurité
OAT:	Outside Air Temperature	Température de l'air extérieur
GS:	Ground Speed	Vitesse sol
ITT:	Inbound True Track	Trajectoire vraie de rapprochement
IMT:	Inbound Mag. Track	Trajectoire magnétique de rapprochement
RDST:	Remaining Ground Distance	Distance sol restante
RNAM:	Remaining Air Distance	Distance air restante
C.T.:	Cumulated Time	Temps cumulé
A.TA:	Actual Time of Arrival	Temps réel d'arrivée
AFOB:	Actual Fuel On Board	Carburant réel à bord
....:	Endroit pour des enregistrements du pilote (contrôle de carburant et du temps).	

CHAPITRE IV
Procédures pré vol

I Optimisation de la distance

I.1. Introduction

Le choix de la route et de la piste au décollage peut jouer un rôle important sur la consommation du carburant qui permet des économies annuelles considérables à l'échelle de la flotte de la compagnie.

I.2. Choix de la route

On doit définir les différentes routes possibles qui pourront être suivies en fonction des conditions météorologiques et les 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 possibilité d'itinéraire à chacun correspond un coût lié à la taxe 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, ...).

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

L'optimisation des routes et la régulation de la congestion (en route et au niveau des aéroports) sont des mesures susceptibles d'offrir un « double dividende » : gain de temps pour les passagers et pour les compagnies.

Concernant les trajectoires, il est reconnu que les routes utilisées ne sont pas optimales, notamment en raison des zones militaires, on considère que quelques progrès sont encore possibles en termes de consommation de carburant et les estime de l'ordre de 4% pour la route, 2% en raison du fait que les compagnies ne respectent pas réellement les trajectoires données, et 2% grâce à l'ATC (notamment par une meilleure gestion des départs et des arrivées limitant les attentes au sol moteurs en route).

I.3. choix de la piste au décollage

Quand c'est possible, sur un aérodrome ou 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 en temps et mètres en distance de roulage du parking jusqu'au point de lâcher les freins, ceci entraînera un gain appréciable.

Ainsi, les différents cas de décollage possible dépendant de la variable vent peuvent être étudiés au 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 au commandant de bord de demander ou communiquer ses desiderata au contrôleur de la tour.

La conception des aéroports et notamment, la longueur des taxiways : plus la longueur des taxiways est importante, plus la consommation de kérosène pour le roulage au sol est proportionnelle.

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

I.4. Exemple pour le choix de la route

Il existe plusieurs routes pour aller d'Alger à Moscou, on a choisit deux routes qui sont représentées sur la carte ci dessous :

Route 1:

DAAG-SID3-BOURI-UG26-REQIN-UM986-ALG-UL5-RUXOP-UP54-ELB-
UL12-FRZ-UM167-CHI-UM859-DOL-UL141-GRZ-UP978-PINKA-UM985-
DBV-UL999-MNS-UA104-MOSON-A104-FK-ATS-UM-UM25B-UUEE.

Route2:

DAAG-SID3-BOURI-UG26-REQIN-UM986-ALG-UL5-VALMA-UL865-
ANC-UM986-LONLA-UA260-VTB-UN858-RATIN-R800-FK-ATS-UM-
UM25B-UUEE.



Figure 1 : ALG-SVO SUIVANT DEUX ROUTES

Le tableau ci dessous compare les deux routes :

	Route1	Route2
Distance (NM)	1886	1906
Block Fuel (NAM)	2008	2011
Time (h)	04h34'	04h34'
Altitude (ft)	350	350
Altitude (ft)	-30	-30
Altitude (ft)	11842	11842
Altitude (ft)	16298	16298

Tableau 1 : Tableau comparatif entre deux routes

D'après ce tableau la route optimale est la route1 car on a un gain de (3NAM) sur la distance et (20Kg) sur le block fuel.

II Transport de carburant

II.1. Introduction

L'emport d'une quantité supplémentaire de carburant affecte négativement sur l'économie de la compagnie, cependant il est nécessaire d'emporter plus de carburant si le prix de ce dernier est plus élevé au terrain de destination qu'au terrain de départ pour cela on a déterminé un point de rentabilité qui est le coefficient de transport **K**.

II.2. Coefficient de transport

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

$$K = \Delta (\text{masse au décollage}) / \Delta (\text{masse à l'atterrissage})$$

$$\text{Notée } k = \Delta MD / \Delta MA$$

L'addition d'une tonne à la masse d'atterrissage, représente une addition de k tonne à la masse au décollage.

Exemple :

Si $k=1.5$ et 1500KG de carburant est ajouté au départ, 1000KG de cette quantité de carburant demeurera à la destination.

Porter ainsi de carburant coûte 500KG de carburant en plus.

II.2.1. Variation de K en fonction de la distance

Données : Mach, Zp

K est une fonction croissante de la distance air.

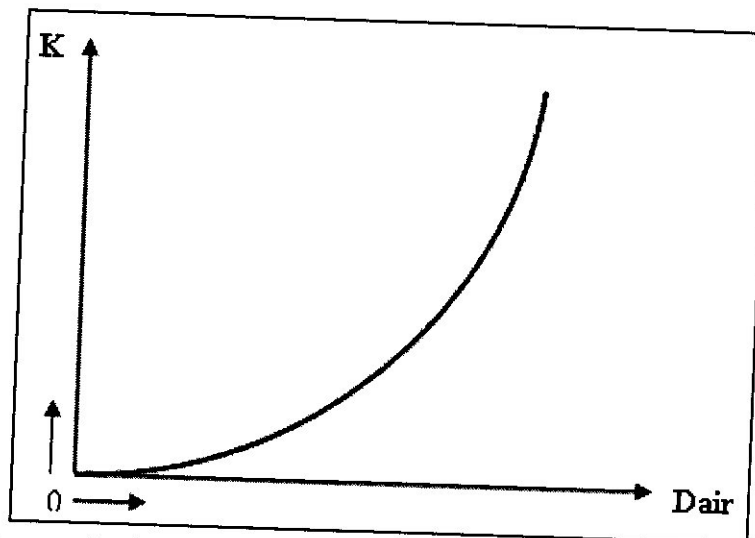


Figure 2 : Variation de K en fonction de la distance

II.2.2. Intérêt du transport carburant

1. principe du calcul de gain ou de perte

Soient : P_a : Le prix carburant au terrain d'arrivée

P_d : Le prix carburant au terrain de départ

Ph : Le coût marginal à l'heure de vol

ΔMD : La surcharge carburant au décollage

ΔMA : La surcharge carburant à l'atterrissage

ΔC : La surconsommation de carburant due à la surcharge

ΔT : La variation de temps de vol due à la surcharge ΔM

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

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

Par contre au terrain de départ nous aurons eu un coût d'achat supplémentaire :

$$\Delta MD * P_d = \Delta MA * k * P_d$$

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

$$\Delta T * Ph \quad \text{avec} \quad \Delta T > 0 \quad \text{pour une augmentation du temps de vol.}$$

D'où le bilan économique :

$$(\Delta MD - \Delta C) * P_a - \Delta MD * \Delta T * Ph = \Delta MA (P_a - k * P_d) - (\Delta T * Ph)$$

$$\Delta MA (P_a - k * P_d) - (\Delta T * Ph) \dots \dots (1)$$

Si $(1) > 0 \Rightarrow \Delta MA * P_a > \Delta MA * k * P_d + \Delta T * Ph \Rightarrow$ gain financier

Si $(1) < 0 \Rightarrow \Delta MA * P_a < \Delta MA * k * P_d + \Delta T * Ph \Rightarrow$ perte financière

Exprimons le gain ou la perte par une tonne embarquée ($\Delta MD = 1$ Tonne).

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

2. Cas de vol à mach constant

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

$$\Delta MA (P_a - k * P_d) = \text{gain ou perte}$$

Il est profitable de transporter du carburant supplémentaire si le rapport entre le prix du carburant d'arrivée et le prix du carburant au départ est plus élevé que le coefficient k de transport.

$P_a / P_d > k$

De ce fait le carburant supplémentaire transporté peut avoir de la valeur quand un écart des prix de carburant existe entre deux aéroports.

3. Cas de vol au long range ou PRM

Dans ce cas $\Delta T > 0$, ainsi le rapport P_a/P_d qui permettra de réaliser un gain sera fonction de temps de vol et du coût marginal à l'heure de vol.

II.2.3. Les raisons de transport carburant

On transporte un surplus de carburant pour les raisons suivantes :

1. 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.
2. Le temps régulier d'aller/retour pour une destination qui ne peut pas permettre un temps adéquat pour charger la quantité de carburant suffisante et nécessaire pour le secteur prochain, en considérant le carburant réglementaire en toute sécurité.
3. 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 donné par l'ATC).

II.2.4. Conséquences du transport de carburant

- Altitude de croisière plus basse ;
- Augmentation de la masse de décollage par conséquent grande vitesse de décollage ;
- Si la masse d'atterrissage estimée à/ou près de la masse maxi d'atterrissage et la consommation additionnelle de carburant est au-dessous que prévue, un atterrissage à masse excessive pourrait résulter.
- L'augmentation des coûts de maintenance.

II.2.5. Limitations du transport carburant

Le tableau suivant représente les différentes limitations

Condition	Condition déterminante	Remarque
Limitation MMSC	Limitation MMSC ou MMSA	
Limitation MMSA	Limitation MMSA	
Limitation MMSD	Limitation MMSD ou capacité réservoirs (Temps de vol élevé)	Reservoirs possibles

Tableau 2 : Limitations du transport carburant

II.2.6. Ordre de grandeur de coefficient de transport

- Pour les vols court courrier (200 < distance air < 600NAM) : k est différent de 1.
- Pour les vols moyen courrier (800 < distance air < 2000NAM) : k est supérieur de 1.062.
- Pour les vols long courrier (distance air > 2000NAM) : k peut atteindre des valeurs de 1.3 à 1.5.

II.3. Transport de carburant

Les tableaux ci dessous représentent le coefficient de transport en fonction de la distance déterminé par le constructeur.

Pour les 737-800 on a le tableau suivant :

Distance (NAM)	Coefficient de transport K
200 - 400	1.015
400 - 600	1.032
600 - 800	1.046
800 - 1000	1.062
1000 - 1200	1.078
1200 - 1400	1.179
1400 - 1600	1.313
1600 - 1800	1.500

Tableau 3 : coefficient de transport en fonction de la distance

Pour les 737-600 on a le tableau suivant :

Distance (NAM)	Coefficient de transport K
200 - 400	1.015
400 - 600	1.028
600 - 800	1.043
800 - 1000	1.055
1000 - 1200	1.069
1200 - 1400	1.141
1400 - 1600	1.223
1600 - 1800	1.313

Tableau 4 : coefficient de transport en fonction de la distance

II.4. Exemples chiffrés

→ **Les prix du mois de Mars**

Le prix du baril en ALGERIE est de **49.77\$/HL** pour les vols internationaux :

1. BOEING 737-800

	Prix à la destination Pa(\$/HL)		Pa/Pd	
	59.09		1.180	
	51.80		1.040	
	53.87		1.082	
	55.45		1.114	
	55.31		1.110	
	53.16		1.068	
	53.10		1.066	

Tableau 5: Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant

2. BOEING 737-600

	Prix à la destination Pa(\$/HL)		Pa/Pd	
	53.87		1.082	
	55.45		1.114	
	51.86		1.041	
	51.42		1.033	

Tableau 6 : Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant

→ **Les prix du mois de Mai**

Le prix du baril en ALGERIE est de **Pd = 56.86\$/HL (4148.14DA/HL)** pour les vols internationaux :

1. BOEING 737-800

Distances (NAM)	Prix destination Pa(DA/HL)		Prix destination Pa(DA/HL)		Gain ou perte dues à l'emport du carburant
172	4310.69		4148.14		Gain
346	5092.61		4148.14		Gain
399	4205.65		4148.14		Perte
448	4356.73		4148.14		Gain
479	4472.31		4148.14		Gain
561	4463.50		4148.14		Gain
573	4463.50		4148.14		Gain
581	4253.57		4148.14		Perte

584	4463.50	Gain
787	4211.41	Perte
892	4211.41	Perte
929	4740.38	Gain
1225	4203.80	Perte
1384	4109.09	Perte
1615	4625.61	Perte

Tableau 7 : Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant

Pour les vols domestiques :

Distances (NAM)	Prix destination Pa (DA/HL)	Gain ou perte dues à l'emport du carburant
172	1106.53	Perte
209	1106.53	Perte
233	1158.64	Gain
290	1158.64	Gain
359	1262.88	Gain
484	1106.53	Perte
496	1367.12	Gain

Tableau 8 : Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant

2. BOEING 737-600

Vols internationaux :

Distances (NAM)	Prix destination Pa (DA/HL)	Gain ou perte dues à l'emport du carburant
172	4310.69	Gain
346	5092.61	Gain
444	4356.73	Gain
479	4472.31	Gain
507	4472.31	Gain
581	4253.57	Perte
584	4463.50	Gain
787	4211.41	Perte
1225	4203.80	Perte
1846	4364.65	Perte

Tableau 9 : Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant

Vols domestiques :

Distances (NAM)	Prix destination Pa (DA/HL)	Gain ou perte dues à l'emport du carburant
107	1158.64	Gain
172	1106.53	Perte
209	1106.53	Perte
235	1158.64	Gain
285	1262.88	Gain
359	1262.88	Gain
464	1262.88	Gain
529	1367.12	Gain
540	1367.12	Gain
1029	1367.12	Gain

Tableau 10 : Calcul de gain ou de perte due à l'emport du carburant

Exemples :

Dans les plans de vol le calcul du gain/perte due à l'emport du carburant supplémentaire est défini à la fin.

Voici quelques exemples pour différentes étapes :

Etape1 :	ALG	LYS
Prix carburant	51\$/HI	56\$/HI
Prix/kg	0.6352\$/kg	0.6975\$/kg
Comparaison prix :		
Carburant supplémentaire	3802kg	3802kg
Surconsommation	129kg	0
Carburant total	3931kg	3802kg
Coût carburant	2497\$	2652\$
Gain :	+155\$	
	+41\$/Tonne	

Etape2 :	ALG	TUN
Prix carburant	59\$/HI	70\$/HI
Prix/kg	0.7349\$/kg	0.8719\$/kg
Comparaison prix :		
Carburant supplémentaire	7506kg	7506kg
Surconsommation	158kg	0
Carburant total	7664kg	7506kg
Coût carburant	5632\$	6544\$
Gain :	+912\$	
	+122\$/Tonne	

Etape3 :	ALG	MAD
Prix carburant	51\$/Hl	53\$/Hl
Prix/kg	0.6352\$/kg	0.6601\$/kg
Comparaison prix :		
Carburant supplémentaire	7823kg	7823kg
Surconsommation carburant total	200kg	0
Coût carburant	8023kg	7823kg
	5096\$	5164\$
Gain :	+69\$	
	+9\$/Tonne	

Etape4 :	ALG	SVO
Prix carburant	57\$/Hl	53\$/Hl
Prix/kg	0.7100 \$/kg	0.6601\$/kg
Comparaison prix :		
Carburant supplémentaire	2692kg	2692kg
Surconsommation carburant total	265kg	0
Coût carburant	2957kg	2692kg
	2099\$	1777\$
Perte :	-322\$	
	-119\$/Tonne	

II.5. Masse au décollage

II.5.1. L'Effet de surcharge au décollage

Une autre manière d'économiser le carburant est d'éviter l'excès de masse au décollage, qui comprend le poids à vide de l'avion, la charge utile plus le carburant.

Une variation d'une tonne sur la masse à vide produit une variation de **3.5 tonnes** sur la masse au décollage.

En outre la connaissance précise du poids (30 minutes avant le décollage) est un facteur important requis pour s'assurer que les prévisions de consommation carburant sont précises. Ceci apporte aux pilotes une confiance en un plan de vol qui évite la tendance à transporter un excès de carburant.

La variation du rayon spécifique, en volant à une altitude, température, et vitesse donnée, dépend du poids. Plus l'avion est lourd, plus la consommation est importante.

L'élimination progressive du double emport par la mise en place d'un catering local dans les aéroports de destination et la limitation de la masse d'eau emportée

(L'emport a été réduit de 25% sur les avions long courriers) permettent de réduire la masse au décollage.

De plus, l'économie de carburant peut être faite pendant la montée car l'avion atteint plutôt son niveau de vol optimal, s'il est plus léger.

II.5.2. Exemples chiffrés

Carburant brûlé pour 1000kg ajouter/enlever à la masse de décollage

Etape	Carburant brûlé (kg)	Vent (kt)
ALG-AAB		+21
ALG-HME		+15
ALG-CZU		+47
ALG-LYS		+02
ALG-IIS		+10
ALG-IST		+23

Tableau 11 : L'effet de surcharge au décollage

III Le roulage

III.1. Introduction

Pour avoir une bonne économie carburant au sein d'une compagnie aérienne il faut prendre en considération toutes les procédures qui ont un lien direct ou indirect avec la consommation carburant.

Le roulage est un point qui joue un rôle très important sur la consommation carburant donc la bonne évaluation de temps du roulage est exigé.

III.2. Consommation carburant au roulage

Le temps réel du roulage a besoin d'être dirigé puisque les évaluations standard changent comme nécessaire.

Les performances du moteur de l'appareil sont optimisées pour les conditions du vol, mais tout avion passe un temps considérable sur le roulage de l'aire de stationnement à la piste d'envol et vis versa.

Ce temps peut augmenter à cause des embouteillages ou de la dimension aéroportuaire, en général il faut choisir la bretelle la plus proche de la piste afin de moins rouler pour ne pas gaspiller du temps donc du carburant. Cependant **30kt** est la vitesse maximale du roulage.

Une autre méthode pour diminuer la consommation, est d'utiliser seulement un moteur pour se déplacer au sol pour un avion bimoteur et deux moteurs pour un quadrimoteur.

Le roulage avec un moteur peut aussi être considéré pour un décollage à une masse inférieure afin d'éviter un usage excessif des freins pour contrôler la tendance de l'accélération avec tous les moteurs.

Le tableau suivant nous montre la surconsommation carburant au roulage due à la mauvaise estimation du temps de roulage dans les plans de vol technique.

	T _{OUT-OFF} (min)	T _{ON-IN} (min)	MOY TAXI TIME (min)	DIFF. (KG)	DIFF AVEC (150KG) (KG)
	8	7	15		75
	9	5	14		60
	9	9	18		120
	7	10	17		105
	9	7	16		90
	8	8	16		90
	10	6	16		90
	7	8	15		75
	6	9	15		75
	10	6	16		90
	6	8	14		60
	8	7	15		75
	8	11	19		135
	12	11	23		195
	16	10	26		240
	10	7	17		105
	8	9	17		105
	10	5	15		75
	7	7	14		60
	8	6	14		60
	8	6	14		60
	9	7	16		90
	7	9	16		90
	8	8	16		97

Tableau 12 : la surconsommation de carburant au roulage

III.3. Conclusion

Le fuel flow des B737-800 et B737-600 est de 15Kg/min donc le temps de roulage estimé dans le plan de vol est de 10min (150Kg), mais le temps réel est aux alentours de 16min donc une consommation moyenne de 247Kg.

De ce fait, la quantité de carburant désignée dans le plan de vol est mal estimée.

IV Position du centre de gravité

IV.1. Introduction

Pour garantir la stabilité et la maniabilité de l'avion, il est nécessaire de connaître la position de son centre de gravité qui doit se trouver entre deux limites :

- Limite avant pour la maniabilité.
- Limite arrière pour la stabilité.

Le poids brut est la somme de la masse opérationnelle, la charge utile et le carburant. Il agit comme une seule force au niveau du centre de gravité (CG) de l'avion. La feuille de centrage permet la détermination du centre de gravité global tout en tenant compte du centre de gravité de l'avion à vide, de la distribution de carburant et de la charge utile.

On doit s'assurer que le centre de gravité est toujours contenu dans une plage désignée par le constructeur qui porte le nom de « l'enveloppe du centre de gravité [12.5%-33%] pour les B737 NG ».

IV.2. Influence du centre de gravité sur la consommation carburant

Un centrage trop en avant exige une réduction de la portance de l'empennage horizontal, compensé par plus de portance de l'aile. Ceci crée la traînée induite et mène à une augmentation de la consommation carburant.

Il est préférable d'avoir un centrage arrière, car une variation vers l'arrière dans la position de CG détériore la stabilité de l'avion, tout en augmentant sa maniabilité c'est pourquoi une limite arrière est définie.

IV.3. Le changement de CG 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 CG associé à cette réduction.

La réduction du poids n'affecte pas la position du centre de gravité de base.

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

Cependant, nous avons comparé l'effet de l'enlèvement de poids de l'extrême avant (nose), mi-aile (mid-wing) et la position extrême arrière (tail).

%fuel saving par 1000 pounds weight réduction		
Nose	Middle wing	tail
1.25	0.75	0.75

Tableau 13 : Le gain de carburant obtenu pour une réduction de masse de 1000 LB par l'effet de variation de CG

L'effet de CG changera proportionnellement avec le changement de la masse

IV.4. Exemples chiffrés

Le tableau suivant montre la position du centre de gravité en fonction de différentes masses :

Model	Modèles d'aéronefs	Take-off weight (kg)	Landing weight (kg)	MAC% Zero fuel Weight	MAC% Landing weight
	B737-600 71-VII	63226	6086	25.17	27.67
	B737-600 71-VJR	61067	6086	24.79	26.54
	B737-800 71-VII	61329	6086	24.08	24.46

Tableau 14 : la position du centre de gravité en fonction de différentes masses

D'après ce tableau on remarque que le centrage est maintenu souvent en arrière pour avoir une consommation minimale.

V Utilisation de l'APU

V.1. Définition

L'APU est un turbo moteur logé dans le cône de queue de l'avion (APU compartiment), il est destiné à fournir du carburant 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 performances moteur au décollage, on utilise à la place du prélèvement d'air réacteur.

Comme on peut utiliser le groupe de parc GPU à la place de l'APU pour des raisons économiques.

V.2. Consommation APU

L'APU s'avère très important en vol, elle présente un rendement technique de **45%** pour une consommation de **0.65Kg/KW h**

Ceci dit, l'APU est généralement utilisé au sol pour un rendement de **15%** avec une consommation moindre de **0.5 Kg/KW h**.

On utilise l'APU pour produire le courant électrique, l'air conditionné et le dégivrage.

1. Alimentation électrique

Réalisée par APU ou par groupe de parc (GPU) en l'absence de celui-ci.

Le GPU fournit les tensions désirées par exemple :

- 28v continu.
- 115v/400Hz alternatif.

2. Alimentation pneumatique

Réalisée par APU ou par groupe pneumatique (GPU) en l'absence de celui-ci.

Le groupe pneumatique peut être un moteur diesel entraînant un compresseur centrifuge.

Les tableaux suivants montrent la consommation carburant en utilisant l'APU :

→ Au sol

	Sans charge	
	68	

Tableau 15 : Consommation de l'APU au sol

→ En vol

	APU fuel flow (KG/H)
	45
	45
	50
	60
	65
	75
	85
	95

Tableau 16 : Consommation de l'APU en vol

V.3. La mise en marche des moteurs

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

V.4. La poussée qu'il faut avoir pour le déplacement initial de l'avion

Quand un moteur sera coupé, la poussée totale de l'avion sera par conséquent réduite.

La poussée qu'il faut avoir pour le déplacement initial de l'avion (break way thrust) 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 dus au sillage d'échappement, pour cette dernière la conscience de l'environnement est nécessaire.

Des études ont montré qu'il y a une petite différence dans la consommation carburant due à l'augmentation de la poussée.

V.5. Caractéristique de consommation carburant au décollage

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 à celle consommée en roulant avec un moteur en régime ralenti ? (en KG) ;

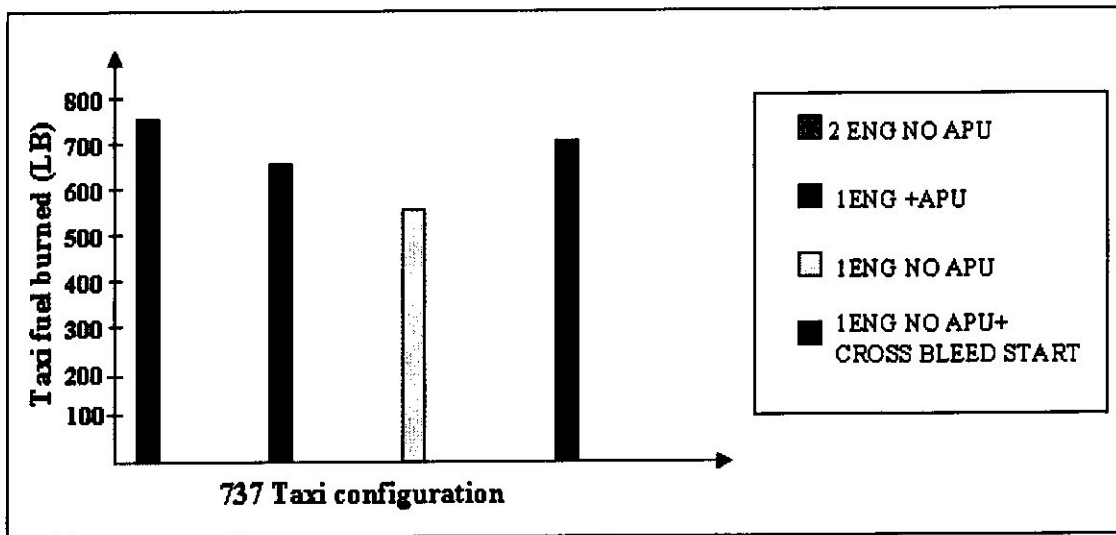


Figure 3 : Caractéristique de consommation carburant au roulage (737)

On a 105 KG → 60 min donc :

	GPU	15MIN	20MIN	30MIN
	+10	+20	+35	+50

Tableau 17 : Consommation de carburant due à l'utilisation de l'APU

V.6. Conclusion

On peut conclure que l'utilisation du GPU est plus bénéfique que l'APU car il est plus disponible, moins cher et facile à réparer par contre pour l'APU on aura une consommation supplémentaire de carburant et un entretien coûteux.

VI Amélioration technique sur l'avion

VI.1. La traînée

C'est une des quatre forces fondamentales du vol résistante, qui s'oppose à l'avancement d'un avion en mouvement et qui doit être compensée par la force de propulsion, donc elle conduit à une augmentation au niveau de la consommation carburant.

Il y a deux types de traînée :

VI.2. Traînés parasites

Elles incluent la traînée due à 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 empennages,...).

- Les surfaces aérodynamiques lisses permettent à l'avion de voler avec moins de traînée.
- Pendant la désignation et la fabrication des structures aérodynamiques du fuselage, l'aile et l'empennage sont conçus de façon à minimiser la traînée et maximiser la portance.
- La partie avant de ces structures est une surface critique pour la forme de l'avion (forme aérodynamique lisse).
- Et que les jointures des revêtements ne perturbent pas l'écoulement d'air.
- La traînée impose une pénalité opérationnelle très importante, car on doit la compenser en consommant plus de carburant, donc un surcoût et dans certain cas réduit la charge offerte comme montre le tableau suivant

Mode	Fuel penalties for 1% drag U.S Gallon/Year
B-73	15.000-25.000

Tableau 18 : Surcoût due à l'augmentation de la traînée

- Un gain de 1 % de traînée équivaut au gain d'une tonne sur la masse de l'ensemble propulsif, soit **10 passagers** (4 % de la charge marchande)

VI.3. Remèdes pour réduire la traînée

Les traînés sont dues à la détérioration de la cellule de l'avion.

Durant l'entretien on doit surveiller

- L'état de déformation des surfaces.

- Les ajustements défectueux (becs, volets, portes, ...).
- Le réglage des gouvernes.

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

VI.4. Traînée induite (conséquence de la portance)

Engendrée par les tourbillons marginaux que crée le mouvement de l'air au bout des ailes, en se déplaçant de la zone de haute pression sous l'aile vers la zone de basse pression au-dessus.

Il existe des possibilités d'amélioration de l'aérodynamique des avions, notamment au niveau des ailes, par le biais de dispositifs appelés winglets.

Ces dispositifs permettent d'améliorer des appareils d'ancienne génération en réduisant la traînée et par conséquent une réduction de 7% de consommation de carburant.

Cependant, l'économie de carburant proprement dite ne peut justifier à elle seule les investissements nécessaires à l'installation de ces équipements. D'autres gains sont susceptibles de convaincre les compagnies aériennes : il peut s'agir de la capacité accrue de charge marchande ainsi obtenue en lieu et place du carburant économisé ou du rayon d'action supplémentaire.

Afin de réaliser cette économie, BOEING a conçu des appareils B737-800 avec winglets ; le tableau ci-dessous montre la différence de consommation entre les B737-800 avec et sans winglets pour tout le réseau.

737-800 winglet performance comparison
of 737-800

Route	Takeoff Wt (kg)	Cargo (kg)	Block Fuel (kg)	Block Fuel (%)	Monthly Frequency (flts)	Monthly Block Fuel Saved (kg)
	634	300	550	2.05%	8	
	618	300	535	2.01%	6	
	684	300	503	2.03%	8	
	573	300	493	2.02%	6	
	0	235	472	2.02%	7	
	592	300	512	2.02%	5	
	588	300	489	2.02%	18	
	551	300	470	2.03%	15	
	587	300	505	2.06%	26	
	554	300	473	2.06%	26	
	583	301	501	2.06%	13	
	562	302	478	2.06%	29	
	543	300	481	2.06%	141	
	572	300	435	2.06%	6	
	529	289	451	2.06%	7	

528	-300	-448	7
567	-302	-390	3
520	-299	-440	14
505	-300	-428	17
508	-301	-428	12
490	-301	-413	14
423	-300	-351	2
451	-300	-375	31
394	-300	-312	13
717	628	-174	4
424	-300	-350	4
446	-300	-368	5
389	-300	-317	7
310	-300	-242	5
305	-300	-237	7
387	-302	-313	7
398	-302	-324	19
300	-300	-232	52
304	-300	-236	10
367	-300	-315	4
303	-300	-237	4
318	-300	-308	19
361	-300	-289	43
270	-300	-204	28
338	-300	-268	7
358	-302	-284	7
332	-300	-267	19
269	-301	-200	15
336	-299	-272	6
263	-300	-188	59
245	-301	-180	16
331	-300	-264	15
337	-300	-267	67
241	-300	-177	25
316	-301	-245	6
241	-300	-177	5
240	-300	-175	7
324	-300	-257	17
320	-300	-254	71
246	-300	-173	24
241	-301	-177	13
318	-300	-248	16
311	-301	-240	3
246	-301	-179	4
325	-302	-256	16
239	-299	-168	28
316	-302	-248	17
283	-301	-169	3
308	-301	-241	3
284	-300	-169	7
300	-301	-231	7
291	-301	-226	46
230	-300	-166	12

BRN-ORL	-226	-300	-300	-162	2,77%	6	672
BRN-TOU	-289	-300	-300	-220	3,92%	7	1020
BRN-TXC	-226	-300	-300	-162	2,74%	8	672
BRN-VAL	-283	-300	-300	-217	3,90%	21	1587
BRN-VIC	-215	-302	-302	-151	2,69%	5	755
BRN-VIT	-223	-300	-300	-158	2,71%	5	790
BRN-VLA	-278	-300	-300	-211	3,85%	7	1077
BRN-VBO	-219	-300	-300	-155	2,70%	23	3565
BRN-VLA	-280	-301	-301	-213	3,88%	20	1260
BRN-VBO	-216	-300	-300	-152	2,68%	53	3056
BRN-VIC	-279	-300	-300	-211	3,85%	20	1260
BRN-VIT	-214	-300	-300	-152	2,69%	6	612
BRN-VLA	-274	-301	-301	-206	3,82%	7	1227
BRN-VBO	-211	-300	-300	-149	2,66%	4	696
BRN-VBO	-273	-300	-300	-205	3,82%	3	615
BRN-VBN	-213	-302	-302	-148	2,67%	3	624
BRN-VLA	-248	-300	-300	-182	3,69%	5	810
BRN-VBN	-194	-301	-301	-131	2,59%	7	917
BRN-VLA	-246	-300	-300	-183	3,67%	5	915
BRN-VAT	-225	-302	-302	-158	3,49%	2	316
BRN-VBR	-221	-300	-300	-158	3,46%	7	1106
BRN-VBL	-179	-301	-301	-117	2,49%	6	702
BRN-VBR	-219	-299	-299	-157	3,48%	7	1099
BRN-VBO	-182	-300	-300	-120	2,48%	4	780
BRN-VYB	-227	-300	-300	-160	3,48%	19	1040
BRN-VBO	-174	-300	-300	-112	2,47%	4	748
BRN-VMB	-223	-301	-301	-157	3,51%	2	315
BRN-VYB	-173	-300	-300	-112	2,40%	5	690
BRN-VBO	-211	-302	-302	-145	3,40%	3	615
BRN-VBO	-213	-299	-299	-151	3,43%	4	654
BRN-VZL	-170	-301	-301	-108	2,43%	2	216
BRN-VBL	-178	-301	-301	-115	2,45%	4	460
BRN-VBR	-201	-299	-299	-139	3,83%	3	417
BRN-VZB	-170	-300	-300	-109	2,44%	7	763
BRN-VBO	-206	-300	-300	-144	3,37%	17	2248
BRN-VBO	-166	-300	-300	-107	2,43%	9	963
BRN-VBO	-165	-301	-301	-103	2,40%	15	1145
BRN-VYB	-168	-300	-300	-107	2,41%	4	428
BRN-VAF	-201	-299	-299	-140	3,33%	6	646
BRN-VBL	-193	-300	-300	-130	2,23%	5	680
BRN-VBO	-173	-300	-300	-112	2,42%	8	696
BRN-VYB	-209	-300	-300	-146	3,36%	5	730
BRN-VLA	-203	-300	-300	-140	3,33%	6	840
BRN-VBN	-187	-301	-301	-105	2,41%	5	625
BRN-VBP	-201	-300	-300	-139	3,19%	7	913
BRN-VBO	-192	-302	-302	-127	3,19%	5	636
BRN-VBO	-162	-300	-300	-102	2,37%	21	2142
BRN-VBO	-163	-300	-300	-101	2,36%	22	2222
BRN-VBO	-191	-299	-299	-130	3,23%	10	1300
BRN-VZL	-160	-298	-298	-101	2,41%	3	268
BRN-VYB	-187	-300	-300	-126	3,19%	19	2197
BRN-VYB	-149	-299	-299	-89	2,29%	2	170
BRN-VBO	-174	-288	-288	-114	3,06%	3	342

174	300	-112	4
171	300	-81	4
165	300	-103	4
142	302	-80	22
181	300	-99	20
156	300	-95	3
145	301	-82	3
182	300	-99	12
136	299	-76	4
177	300	-78	4
155	300	-95	4
140	300	-80	6
151	301	-90	5
151	300	-90	3
137	300	-78	3
158	300	-97	4
152	300	-73	4
136	298	-75	11
143	298	-84	7
150	300	-88	4
131	300	-70	4
132	302	-71	5
125	300	-87	2
127	300	-68	3
129	299	-71	2
128	300	-66	2
124	300	-85	4
120	298	-69	7
121	299	-61	9
117	301	-66	2
124	299	-66	2
122	300	-61	5
118	300	-55	3
116	300	-56	4
132	300	-62	5
115	299	-57	22
113	300	-55	10
108	300	-49	11
107	300	-57	3
110	300	-61	5
108	300	-60	2
112	300	-63	2
108	299	-60	2
105	300	-45	4
104	299	-47	2
104	299	-47	3
103	299	-46	3
107	301	-48	9
102	300	-44	2
104	299	-46	3
109	299	-41	3
107	298	-40	3
102	300	-42	7

88	299	-40	8
91	300	-38	2
90	300	-40	7
91	300	-33	3
96	300	-33	4
93	301	-35	9
91	300	-33	8
102	299	-44	5
88	299	-30	2
84	298	-28	2
88	299	-31	6
80	299	-23	2
82	299	-25	3
81	299	-24	2
88	299	-23	2
79	300	-22	2
81	299	-23	2
70	300	-22	2
85	300	-18	4
76	300	-19	6
85	300	-19	2
74	299	-18	3
80	300	-13	2
85	298	-12	2
			Monthly Fleet Movements
			Monthly Fleet Block Fuel Saved
			Gain mensuel

Tableau 19 : 737-800 winglets performance comparison CFM56-7B27

Takeoff Wt (kg)	Cargo (kg)	Block Fuel (kg)	Block Fuel (kg)	Monthly Frequency (flts)	Monthly Block Fuel Saved (kg)
584	300	550	550	8	
578	300	535	535	6	
584	300	503	503	8	
573	300	493	493	6	
570	235	472	472	7	
564	300	512	512	5	
568	300	489	489	18	
551	300	470	470	15	
587	300	505	505	26	
554	300	473	473	26	
583	301	501	501	13	
562	302	478	478	29	

BE	-541	0	-300	-300	-461	450%	141	6760
BK	-514	0	-300	-300	-435	378%	6	2818
BK-DE	-530	0	-300	-300	-452	428%	7	3184
BK-DE	-528	0	-300	-300	-448	446%	7	3135
BK-DE	-467	0	-302	-300	-390	357%	3	120
BK-DE	-520	0	-299	-300	-440	464%	14	5168
BK-DE	-505	0	-300	-300	-428	452%	17	5716
BK-DE	-508	0	-301	-300	-428	374%	12	5136
BK-DE	-490	0	-301	-300	-413	373%	14	5762
BK-DE	-423	0	-300	-300	-351	355%	2	702
BK-DE	-451	0	-300	-300	-375	459%	31	11825
BK-DE	-384	0	-300	-300	-312	337%	13	4056
BK-DE	958	0	0	300	-150	380%	4	800
BK-DE	-424	0	-300	-300	-350	411%	4	1400
BK-DE	-446	0	-300	-300	-368	439%	5	1840
BK-DE	-389	0	-300	-300	-317	425%	7	2219
BK-DE	-310	0	-300	-300	-242	312%	5	1210
BK-DE	-305	0	-300	-300	-237	309%	7	1859
BK-DE	-387	0	-302	-300	-313	426%	7	210
BK-DE	-398	0	-302	-302	-324	434%	19	6155
BK-DE	-300	0	-300	-300	-232	307%	52	17064
BK-DE	-304	0	-300	-300	-236	308%	10	2360
BK-DE	-387	0	-300	-300	-316	432%	4	1260
BK-DE	-303	0	-300	-300	-237	309%	4	976
BK-DE	-378	0	-300	-300	-308	436%	19	5852
BK-DE	-361	0	-300	-300	-289	427%	43	12423
BK-DE	-270	0	-300	-300	-204	298%	28	5712
BK-DE	-338	0	-300	-300	-268	420%	7	1876
BK-DE	-359	0	-302	-300	-284	422%	7	1888
BK-DE	-334	0	-300	-300	-267	420%	19	5073
BK-DE	-269	0	-301	-300	-200	293%	15	3000
BK-DE	-338	0	-299	-300	-272	419%	6	1632
BK-DE	-263	0	-300	-300	-198	292%	59	1182
BK-DE	-245	0	-301	-300	-180	285%	16	2880
BK-DE	-331	0	-300	-300	-264	416%	15	3960
BK-DE	-334	0	-300	-300	-267	416%	67	17889
BK-DE	-241	0	-300	-300	-177	284%	25	2825
BK-DE	-316	0	-301	-300	-245	397%	6	1470
BK-DE	-242	0	-302	-300	-177	289%	5	585
BK-DE	-240	0	-300	-300	-175	282%	7	1225
BK-DE	-324	0	-300	-300	-257	412%	17	4389
BK-DE	-320	0	-300	-300	-254	410%	71	18921
BK-DE	-238	0	-300	-300	-173	281%	24	4152
BK-DE	-241	0	-301	-300	-177	282%	13	2301
BK-DE	-315	0	-300	-300	-248	407%	16	3468
BK-DE	-311	0	-301	-300	-240	401%	3	720
BK-DE	-245	0	-300	-300	-179	286%	4	716
BK-DE	-325	0	-302	-300	-256	410%	16	4096
BK-DE	-232	0	-299	-300	-168	279%	28	2704
BK-DE	-316	0	-302	-302	-248	407%	17	4216
BK-DE	-233	0	-301	-300	-169	282%	3	602
BK-DE	-308	0	-301	-300	-241	412%	3	723

234	-300	-169	7
200	-301	231	7
205	-301	-226	48
230	-300	-166	12
226	-300	-162	6
289	-300	-220	7
226	-300	-162	6
283	-300	-217	21
217	-302	-152	5
223	-300	-158	5
278	-300	-211	7
219	-300	-155	23
280	-301	-213	20
216	-300	-162	53
279	-300	-211	20
214	-300	-152	6
234	-301	-206	7
211	-300	-149	4
225	-300	-205	3
232	-302	-148	3
240	-300	-182	5
184	-301	-131	7
248	-300	-183	5
325	-302	-158	2
221	-300	-158	7
179	-301	-117	6
218	-299	-157	7
182	-300	-120	4
227	-300	-160	19
174	-300	-112	4
223	-301	-157	2
173	-300	-112	5
211	-302	-145	3
213	-299	-151	4
170	-301	-108	2
170	-301	-115	4
201	-299	-139	3
170	-300	-109	7
206	-300	-144	17
186	-300	-107	9
185	-301	-103	15
189	-300	-108	4
201	-299	-140	6
180	-300	-130	5
173	-300	-112	8
209	-300	-146	5
204	-300	-140	6
187	-301	-105	5
207	-300	-139	7
192	-302	-127	5
182	-300	-102	21
183	-300	-101	22
191	-299	-130	10

Chapitre IV

Procédures pré vol

-160	-298	-101	3
-157	-300	-126	19
-149	-299	-89	2
-141	-298	-114	3
-174	-300	-112	4
-141	-300	-81	4
-165	-300	-103	4
-142	-302	-80	22
-161	-300	-99	20
-166	-300	-95	3
-143	-301	-82	3
-162	-300	-99	12
-136	-299	-76	4
-137	-300	-78	4
-135	-300	-95	4
-130	-300	-80	6
-161	-301	-90	5
-151	-300	-90	3
-137	-300	-78	3
-158	-300	-97	4
-132	-300	-73	4
-135	-298	-75	11
-113	-298	-84	7
-180	-300	-88	4
-131	-300	-70	4
-132	-302	-71	5
-125	-300	-67	2
-121	-300	-68	3
-129	-299	-71	2
-128	-300	-66	2
-124	-300	-65	4
-128	-298	-69	7
-121	-299	-61	9
-117	-301	-56	2
-124	-299	-66	2
-122	-300	-61	6
-113	-300	-55	3
-116	-300	-56	4
-112	-300	-52	5
-105	-299	-57	22
-113	-300	-65	10
-108	-300	-49	11
-117	-300	-57	3
-110	-300	-51	5
-108	-300	-50	2
-112	-300	-63	2
-108	-299	-50	2
-105	-300	-45	4
-104	-298	-47	2
-104	-299	-47	3
-103	-299	-48	3
-102	-301	-48	9
-102	-300	-44	2

104	-299	-46	3
88	-298	-41	3
87	-298	-40	3
103	-300	-42	7
88	-299	-40	8
84	-300	-35	2
88	-300	-40	7
91	-300	-33	3
90	-300	-33	4
93	-301	-35	9
90	-300	-33	8
102	-299	-44	5
88	-299	-30	2
84	-298	-28	2
88	-299	-31	6
80	-298	-23	2
82	-299	-25	3
81	-299	-24	2
79	-298	-23	2
78	-300	-22	2
81	-299	-23	2
78	-300	-22	2
78	-300	-18	4
78	-300	-19	6
75	-300	-19	2
74	-299	-18	3
70	-300	-13	2
68	-298	-12	2
13			Monthly Fleet Movements: 2033 flights
			Monthly Fleet Block Fuel Saved: 69,400 kg
			Monthly Airplane Block Fuel Saved: 300,000 kg
			Gain mensuel: 127,45\$

Tableau 20 : 737-800 winglets performance comparison CFM56-7B26

737-800 windturb performance comparison
CFM56-7B24

City	Takeoff Wt (kg)	Pass. Carried	Cargo (kg)	Payload (kg)	Block Fuel (kg)	Block Fuel (%)	Monthly Frequency (flts)	Monthly Block Fuel Saved (kgs)
ALB-ALB	-633	0	-300	-300	-549	4.04%	8	4,392
ALB-ALG	-618	0	-300	-300	-535	4.05%	6	3,210
ALB-ATL	1,321	0	1,282	1,282	-238	1.95%	8	2,304
ALB-DFW	-572	0	-300	-300	-492	4.02%	6	2,856
ALB-DAL	0	0	236	236	-472	3.22%	7	3,007
ALB-DRB	-592	0	-300	-300	-510	3.94%	5	2,550
ALB-EAS	-568	0	-300	-300	-488	4.26%	18	8,784
ALB-AMM	-551	0	-300	-300	-470	4.43%	15	7,050
ALB-ATG	-63	0	136	136	-434	3.42%	26	11,284
ALB-DAL	-554	0	-300	-300	-473	4.47%	26	11,298
ALB-ATL	-582	0	-301	-301	-500	3.95%	13	4,500
ALB-ATL	-561	0	-302	-302	-478	3.90%	29	13,882
ALB-DFW	-542	0	-300	-300	-461	4.50%	141	65,001
ALB-SFO	-512	0	-300	-300	-434	3.78%	6	2,504
ALB-ATL	1,128	0	619	619	-262	2.56%	7	2,534
ALB-ATL	-527	0	-300	-300	-448	4.46%	7	3,138
ALB-DCA	-466	0	-302	-302	-390	3.97%	3	1,170
ALB-DCA	-519	0	-300	-300	-440	4.64%	14	5,860
ALB-ATL	-505	0	-300	-300	-428	3.52%	17	4,376
ALB-ATL	-507	0	-301	-301	-428	3.74%	12	3,136
ALB-ATL	-490	0	-301	-301	-412	3.72%	14	3,768
ALB-DFW	-422	0	-300	-300	-349	3.53%	2	698
ALB-ATL	-450	0	-300	-300	-374	4.58%	31	11,894
ALB-ATL	-383	0	-300	-300	-312	3.37%	13	4,086
ALB-ATL	0	0	0	0	-325	4.09%	4	1,300
ALB-DCA	-423	0	-299	-299	-349	4.10%	4	1,396
ALB-DCA	-443	0	-300	-300	-369	4.40%	5	1,845
ALB-DFW	-389	0	-300	-300	-316	4.24%	7	2,212
ALB-ATL	-308	0	-300	-300	-241	3.10%	5	1,205
ALB-DFW	-303	0	-300	-300	-236	3.08%	7	1,852
ALB-DFW	-384	0	-300	-300	-312	4.25%	7	2,284
ALB-ATG	-398	0	-302	-302	-323	4.32%	19	6,417
ALB-ATL	-299	0	-300	-300	-233	3.08%	52	15,180
ALB-DCA	-303	0	-300	-300	-235	3.07%	10	2,850
ALB-ATL	-387	0	-300	-300	-314	4.34%	4	1,256
ALB-DCA	-302	0	-300	-300	-236	3.08%	4	1,214
ALB-DFW	-377	0	-300	-300	-307	4.35%	19	5,835
ALB-DFW	-358	0	-300	-300	-289	4.27%	43	12,427
ALB-ATL	-270	0	-300	-300	-204	2.96%	28	5,712
ALB-DFW	-336	0	-300	-300	-267	4.18%	7	1,969
ALB-DFW	-355	0	-300	-300	-284	4.22%	7	1,986
ALB-DFW	-333	0	-300	-300	-266	4.19%	19	5,054
ALB-DFW	-268	0	-301	-301	-200	2.93%	15	4,600
ALB-DFW	-338	0	-298	-298	-271	4.18%	6	1,626

ADP - BR	-263	0	-300	-300	-198	2,92%	59	3 669
ADP - BRU	-245	0	-301	-301	-180	2,85%	16	2 630
ADP - BRU	-330	0	-300	-300	-263	4,74%	15	3 293
ADP - BRU	-332	0	-300	-300	-265	4,13%	67	6 775
ADP - BRU	-241	0	-300	-300	-177	2,84%	25	4 421
ADP - BRU	-316	0	-301	-300	-245	3,98%	8	1 170
ADP - BRU	725	0	573	573	-113	3,87%	5	565
ADP - BRU	-240	0	-300	-300	-175	2,82%	7	1 226
ADP - BRU	-322	0	-300	-300	-256	4,11%	17	4 352
ADP - BRU	-319	0	-300	-300	-252	4,07%	71	11 692
ADP - BRU	-238	0	-300	-300	-173	2,81%	24	3 162
ADP - BRU	-241	0	-301	-300	-176	2,81%	13	2 288
ADP - BRU	-314	0	-300	-300	-247	4,06%	16	3 262
ADP - BRU	-310	0	-301	-300	-240	4,02%	3	1 720
ADP - BRU	803	0	644	644	-109	1,78%	4	1 386
ADP - BRU	-323	0	-302	-300	-285	4,09%	16	4 030
ADP - BRU	-232	0	-299	-300	-168	2,76%	28	2 704
ADP - BRU	-316	0	-302	-300	-247	4,06%	17	4 196
ADP - BRU	-233	0	-300	-300	-168	2,81%	3	521
ADP - BRU	304	0	247	247	-193	3,33%	3	379
ADP - BRU	-233	0	-300	-300	-169	2,81%	7	1 163
ADP - BRU	-300	0	-301	-300	-230	3,97%	7	1 510
ADP - BRU	-293	0	-301	-300	-225	3,84%	46	10 550
ADP - BRU	-230	0	-300	-300	-166	2,79%	12	1 992
ADP - BRU	-226	0	-300	-300	-162	2,77%	6	972
ADP - BRU	-287	0	-300	-300	-219	3,90%	7	1 533
ADP - BRU	-226	0	-300	-300	-163	2,75%	6	928
ADP - BRU	-283	0	-300	-300	-215	3,87%	21	3 314
ADP - BRU	-216	0	-300	-300	-152	2,71%	5	1 160
ADP - BRU	-222	0	-300	-300	-158	2,71%	5	1 120
ADP - BRU	-277	0	-300	-300	-211	3,95%	7	1 177
ADP - BRU	-220	0	-302	-300	-155	2,70%	23	3 366
ADP - BRU	-279	0	-301	-300	-211	3,85%	20	2 420
ADP - BRU	-216	0	-300	-300	-153	2,70%	53	6 169
ADP - BRU	-278	0	-300	-300	-211	3,85%	20	4 220
ADP - BRU	-214	0	-301	-300	-152	2,70%	6	1 112
ADP - BRU	-272	0	-301	-300	-205	3,81%	7	1 435
ADP - BRU	-211	0	-300	-300	-148	2,67%	4	1 092
ADP - BRU	-271	0	-300	-300	-204	3,80%	3	672
ADP - BRU	-212	0	-300	-300	-147	2,66%	3	731
ADP - BRU	-247	0	-300	-300	-181	3,67%	6	1 305
ADP - BRU	-194	0	-301	-300	-131	2,59%	7	1 177
ADP - BRU	-245	0	-300	-300	-183	3,67%	5	1 115
ADP - BRU	-225	0	-302	-300	-157	3,47%	2	512
ADP - BRU	-221	0	-300	-300	-158	3,47%	7	1 116
ADP - BRU	-179	0	-301	-300	-117	2,49%	6	1 102
ADP - BRU	-219	0	-299	-299	-156	3,47%	7	1 092
ADP - BRU	-182	0	-300	-300	-121	2,51%	4	1 184
ADP - BRU	-226	0	-300	-300	-160	3,48%	19	3 040
ADP - BRU	-174	0	-300	-300	-113	2,50%	4	1 052
ADP - BRU	-222	0	-301	-300	-157	3,62%	2	514
ADP - BRU	-171	0	-300	-300	-112	2,49%	5	1 160
ADP - BRU	-211	0	-302	-300	-145	3,41%	3	1 356

245	300	151	4
246	300	108	2
247	300	115	4
248	300	115	4
249	300	109	7
250	300	143	10
251	300	108	9
252	300	104	16
253	300	108	4
254	284	139	6
255	300	130	6
256	300	112	3
257	300	146	5
258	300	140	6
259	300	105	5
260	300	139	5
261	302	127	5
262	300	102	4
263	300	102	22
264	282	124	10
265	300	100	3
266	300	124	19
267	215	84	2
268	300	114	3
269	300	111	1
270	300	87	1
271	300	108	4
272	300	81	22
273	300	85	20
274	300	85	3
275	300	85	3
276	300	85	12
277	288	78	4
278	300	78	4
279	300	94	4
280	300	80	4
281	300	89	5
282	300	80	3
283	300	89	1
284	300	87	3
285	300	73	4
286	300	75	11
287	298	64	2
288	300	88	4
289	300	74	4
290	300	71	3
291	300	67	2
292	280	69	3
293	280	70	2
294	300	65	2
295	300	65	4
296	82	88	7
297	80	82	8

IV-001	-116	-301	-57	0%	2	
IV-002	-124	-299	-65	33%	2	
IV-003	-121	-300	-61	50%	5	
IV-004	-114	-301	-55	18%	3	
IV-005	-117	-300	-55	18%	4	
IV-006	-111	-299	-52	17%	5	
IV-007	-118	-299	-59	20%	22	
IV-008	-113	-300	-54	18%	10	
IV-009	-108	-301	-49	16%	11	
IV-010	-117	-300	-57	19%	3	
IV-011	-110	-300	-50	17%	5	
IV-012	-108	-300	-56	19%	2	
IV-013	-111	-300	-52	17%	2	
IV-014	-107	-298	-50	17%	2	
IV-015	-104	-300	-47	16%	4	
IV-016	-105	-299	-47	16%	2	
IV-017	-105	-300	-46	15%	3	
IV-018	-103	-299	-45	15%	3	
IV-019	-108	-301	-48	16%	9	
IV-020	-99	-300	-42	14%	2	
IV-021	-104	-298	-47	16%	3	
IV-022	-98	-298	-40	13%	3	
IV-023	-97	-298	-39	13%	3	
IV-024	-103	-300	-43	14%	7	
IV-025	-98	-299	-40	13%	8	
IV-026	-93	-300	-36	12%	2	
IV-027	-99	-300	-40	13%	7	
IV-028	-95	-300	-38	13%	3	
IV-029	-91	-300	-33	11%	4	
IV-030	-93	-299	-35	12%	9	
IV-031	-91	-300	-32	11%	8	
IV-032	-88	-298	-31	11%	5	
IV-033	-87	-299	-31	11%	2	
IV-034	-84	-298	-27	10%	2	
IV-035	-88	-300	-31	11%	6	
IV-036	-79	-299	-23	8%	2	
IV-037	-82	-298	-25	9%	3	
IV-038	-81	-300	-24	9%	2	
IV-039	-79	-298	-23	8%	2	
IV-040	-79	-300	-22	8%	2	
IV-041	-80	-299	-23	8%	2	
IV-042	-78	-300	-19	7%	2	
IV-043	-74	-300	-17	6%	4	
IV-044	-76	-300	-19	7%	6	
IV-045	-75	-300	-18	6%	2	
IV-046	-74	-299	-18	6%	3	
IV-047	-71	-300	-19	7%	2	
IV-048	-68	-298	-12	4%	2	
					Monthly Fleet	133 fls
					Mouvements:	
					Monthly Fleet	163 fls

							Block Fuel Saved:	
							Gain mensuel	

**Tableau 21 : 737-800 winglets performance comparison
CFM56-7B24**

VII Dégradation de performances avion et entretien

VII.1. Introduction

Avec le vieillissement des aéronefs, il s'avère que, dans des proportions relativement importantes, la consommation réelle est supérieure aux prévisions de délestage établies sur les plans de vol techniques.

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

Or, en pratique chaque appareil s'éloigne légèrement de ses performances standard. Pour des raisons de sécurité, à priori 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. Ce surplus est demandé par les membres d'équipage pour compenser la méconnaissance des performances réelles de l'avion.

Si l'on pouvait connaître avec précision la consommation réelle d'un avion, cette quantité excédentaire pourrait être ramenée au strict nécessaire.

VII.2. Principe de mesure des performances

Les performances d'un avion sont évaluées d'après des relevés de consommation effectués pendant la croisière.

Pour que la mesure soit significative, il faut que la phase de vol soit stabilisée, c'est-à-dire que les paramètres qui influent sur la consommation soient stables. Les principaux paramètres qui sont pris en compte sont le nombre de Mach (M), le niveau de vol (FL), la température extérieure (T) et la masse totale de l'avion. Les paramètres relevés sont, pour chaque réacteur, la vitesse de rotation N1 (pour les réacteurs General Electric) et la consommation instantanée (FF : Fuel Flow).

Sur les anciens avions, ces relevés sont effectués par le mécanicien navigant. Ils sont forcément limités (généralement un par vol). Sur les avions de technologie récente ; comme le B737-800, ces relevés sont effectués automatiquement par un calculateur embarqué (ACMS : Aircraft Computer Maintenance System), qui surveille les paramètres de vol. Lorsque les critères de stabilité de ces paramètres sont atteints, l'ACMS émet automatiquement vers le sol par l'intermédiaire de l'ACARS (Aircraft Communication Addressing and Reporting System) les valeurs de tous les paramètres.

Ces valeurs sont reçues par un ordinateur au sol. Elles sont analysées par un programme qui compare les N1 et FF réels aux N1 et FF théoriques d'un avion standard, et ce en tenant compte des éléments du vol (mach, FL, T, GW).

Du fait de l'automatisation, les relevés sont beaucoup plus nombreux (un toutes les 2 heures de vol), et plus précis (le système prend en compte de nombreux paramètres secondaires).

La comparaison des consommations instantanées permet de connaître la consommation réelle par rapport à la consommation théorique. Le programme (APM) calcul alors un coefficient correctif à appliquer à la consommation théorique pour obtenir la consommation réelle. Ce coefficient est transmis automatiquement au programme qui calcul les plans de vol.

Ce programme tient compte de ce coefficient de correction lorsqu'il calcul le carburant à embarquer pour les vols suivants. De ce fait, le traitement est entièrement automatisé avec toutefois une surveillance manuelle pour s'assurer de la cohérence des mesures.

En pratique les performances d'un avion ne varient pas très rapidement. Le coefficient de correction n'est donc pas modifié après chaque relevé, mais une fois par mois.

Le tableau ci-dessous, résume les résultats obtenus des coefficients de dégradation de performances des avions Boeing B737-800 d'AIR ALGERIE,

Matricules : 7T-VJJ ; 7T-VJK ; 7T-VJM ; 7T-VJO ; 7T-VJP.

	%N1 reqd	%fuel flow	Niveau
7T-VJJ	0.27	0.1	37
7T-VJK	0.58	0.2	38
7T-VJM	0.37	-0.3	38
7T-VJO	0.05	-0.2	37
7T-VJP	0.05	0.2	37
7T-VJL	0.26	0.0	37

Tableau 22 : Coefficient de dégradation de performances B737-800

Remarque :

Chaque modèle indique qu'un avion recevant la maintenance normale, se détériorera à un taux approximatif de 1% par 6000 heures de vol.

VII.3. Paramètres influant sur la dégradation

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

Aussi, l'automatisation d'augmenter le nombre de relevés par avion, les résultats qui n'étaient significatifs, pour les anciens avions qu'au niveau d'une flotte (on pouvait dire par exemple que les B737-200, dans leur ensemble, consommaient 10% de plus que prévu par le constructeur), deviennent significatifs pour un avion donné, voir pour un moteur particulier sur un avion ou sur une ligne particulière.

La dégradation des performances peut être en effet due à deux causes :

1. la dégradation des moteurs

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

2. la dégradation des performances aérodynamique de la cellule

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

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

D'autre part, la masse totale est obtenue notamment en prenant en compte une masse forfaitaire pour les passagers. Suivant les lignes, cette masse peut s'avérer éloignée de la réalité (sur les lignes vers l'Asie par exemple, les passagers sont statistiquement plus légers que vers les Etats-Unis). Un traitement des relevés par destination du vol permettra de confirmer cette hypothèse.

- c) Les surfaces carburant élevé, les parties avant et arrière des revêtements augmente la traînée, des inspections détaillées et performées par BOEING ont montré que l'erreur de stabilisation et détérioration de la cellule, augmente la traînée de 2% ce qui augmentera la consommation réelle.
- d) Les joints endommagés ou manquant peuvent avoir comme conséquence une perte de performance.
- e) Le cachetage faible autour des portes d'entrée principale, des portes cargo.
- f) Le vieillissement de l'avion qui se manifeste par des fuites de pression, un mauvais alignement des portes et capotage.

Pendant la montée, à IAS constante, la vitesse propre (TAS) et le nombre de mach augmentent, puis, montée à mach constant, la TAS et l' IAS diminuent jusqu'à la tropopause.

Une distance courte de montée prolonge par exemple la distance de croisière ; une basse vitesse de montée exige plus d'accélération pour la vitesse de croisière à une altitude défavorable.

→ B737-800 sans winglets

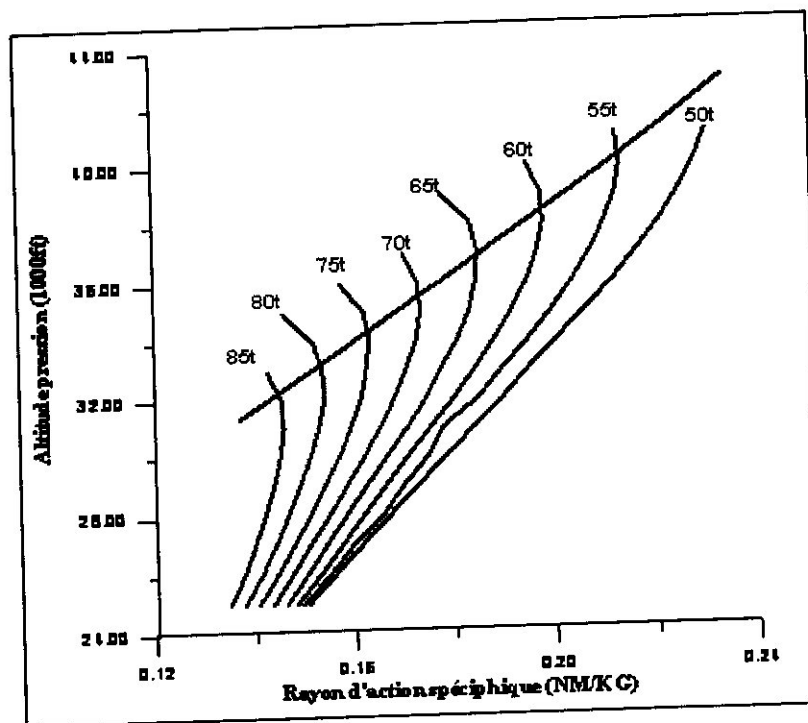


Figure 3: Détermination de l'altitude optimale pour un mach constant

→ B737-800 avec winglets

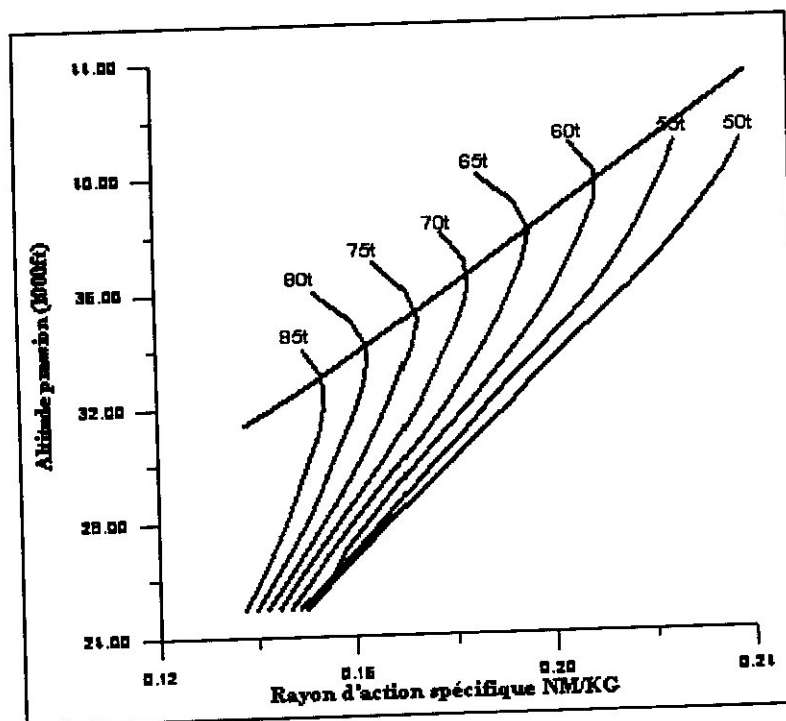


Figure 4: Détermination de l'altitude optimale pour un mach constant

On constate dans les graphes ci-dessus 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 de l'altitude optimale.

Les graphiques ci dessous représentent l'altitude optimale pour une masse donnée et le Mach LRC/0.79 pour les B737-600 et les B737-800 avec et sans winglets.

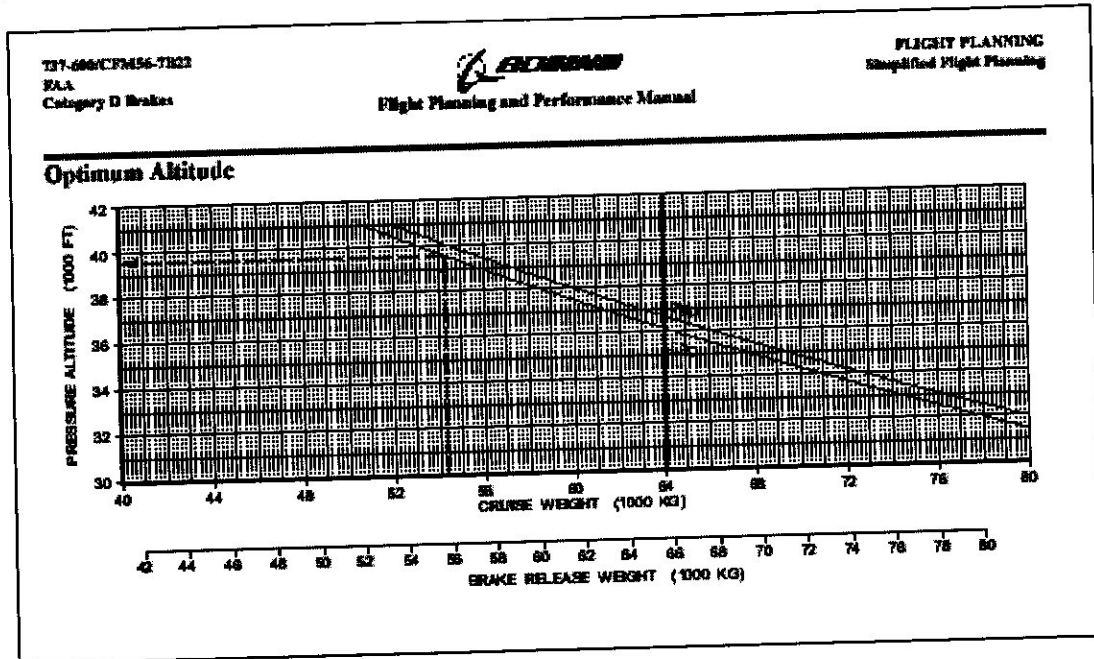


Figure 5: Altitude optimale B737-600

Exemple

Données : masse = 65 tonnes

Pour Mach LRC

Résultat : altitude optimale = 35800ft.

Pour Mach 0.79

Résultat : altitude optimale = 36400ft

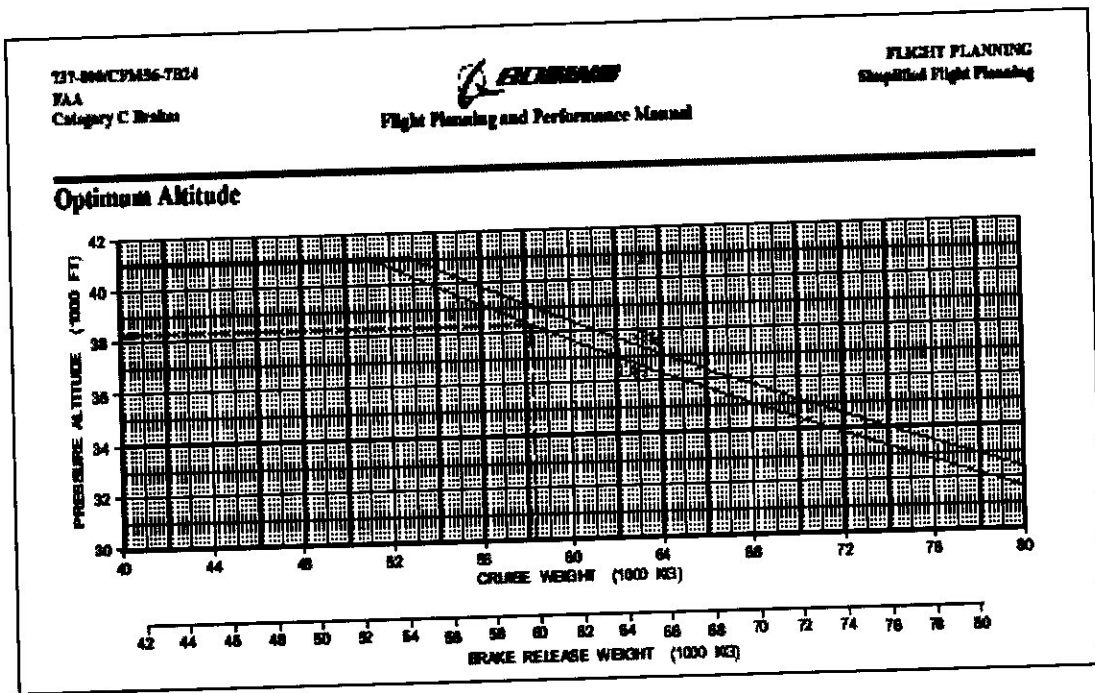


Figure 6: Altitude optimale B737-800 sans winglets

Exemple

Données : masse = 70 tonnes

Pour Mach LRC

Résultat : altitude optimale = 34500ft.

Pour Mach 0.79

Résultat : altitude optimale = 35200ft

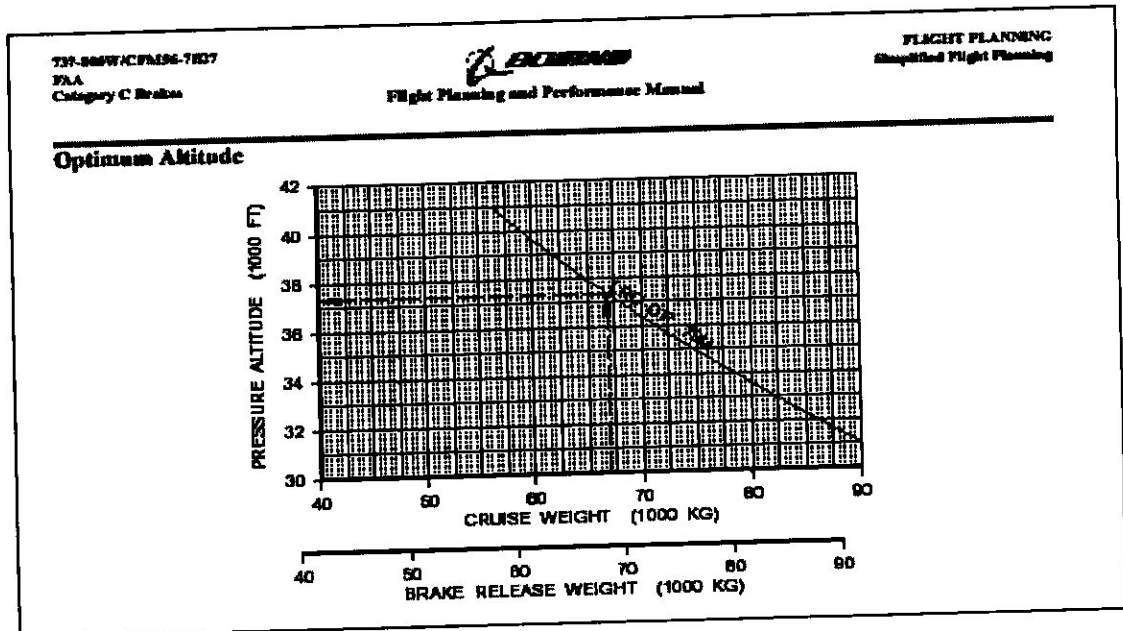


Figure 7: Altitude optimale B737-800 avec winglets

Exemple

Données : masse = 70 tonnes

Pour Mach LRC/0.79

Résultat : altitude optimale = 36300ft.

La table suivante montre la pénalité sur le rayon spécifique en volant au-dessus ou en dessous de l'altitude optimale, avec un Mach LRC/0.79 ou un CI=30

DEP. OPTIMUM CONDITION	FUEL MILEAGE PENALTY %		
	LRC	79	CI30
2000ft Above	2	2	2
Opt altitude	0	0	0
2000ft Below	1	1	1
4000ft Below	4	6	4
6000ft Below	7	10	7
8000ft Below	10	14	10
10000ft Below	12	19	14
20000ft Below	15	24	17

Tableau 1 : Pénalité du rayon spécifique pour des déviations de l'altitude optimale

Généralement si on vole à 2000ft au-dessus de l'altitude optimale, le rayon spécifique diminue de 2%, donc la consommation distance augmente et la pénalité sur le rayon spécifique augmente en allant vers des basses altitudes

L'altitude optimale augmente par 1000ft/H (500NM) approximativement à cause de la diminution de la masse pendant le vol (consommation carburant), donc on doit concevoir une technique qui nous permet de rester dans la marge optimale.

II.2.2. Optimisation de la croisière avec la montée en palier 'stepped climb'

1. Introduction

On a démontré que voler à des altitudes non optimales peut causer des pénalités significatives de carburant, et que l'effet de la consommation carburant augmente l'altitude optimale. Le scénario idéal est d'adopter une montée pendant la croisière pour maintenir l'altitude optimale, mais les contraintes ATC, et les limites de performance ne rendent pas cette tâche possible.

Cependant, en changeant le niveau de croisière avec une montée en paliers, dès que l'avion est léger, il restera aussi proche que possible de l'altitude optimale.

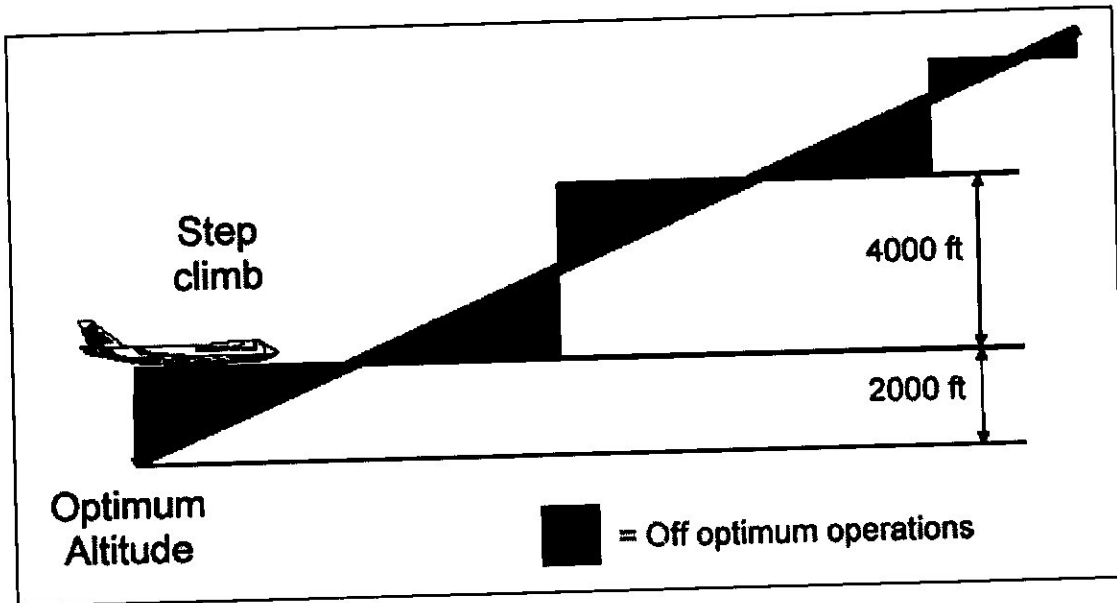


Figure 8 : Croisière par paliers successifs encadrant l'altitude optimale

2. Sélection du profil

Plusieurs paramètres, comme les conditions météo, ou conditions ATC, peuvent influencer les décisions prises par le PN tout en respectant les trois priorités fondamentales :

Manoeuvrabilité, confort passager et économie.

Ceux ci concernent le choix du niveau de vol de croisière qui peut être fait selon les trois profils de montée suivants :

→ **Le profil bas**

Initialise la montée à un poids où le prochain niveau disponible de vol est le niveau optimum à ce poids.

En conséquence les niveaux de vol sont toujours au ou au-dessous du niveau de vol optimum. Ceci a l'avantage d'offrir de meilleures marges de manoeuvrabilité et généralement une meilleure vitesse car plus près de l'altitude de croisement.

→ **Le profil haut**

Initialise la montée à un poids où le prochain niveau de vol disponible est le niveau maximum de vol à ce poids. Les niveaux de vol sont principalement au-dessus de l'optimum et l'avion aura diminué de sa manoeuvrabilité et volera plus lentement.

→ **Le profil moyen**

Initialise la montée à un poids où le rayon spécifique au prochain niveau de vol disponible est meilleur que celui au niveau actuel. Ceci permet au profil de vol de demeurer plus proche du niveau optimum de vol.

Ces trois profils sont bien représentés dans la figure ci dessous

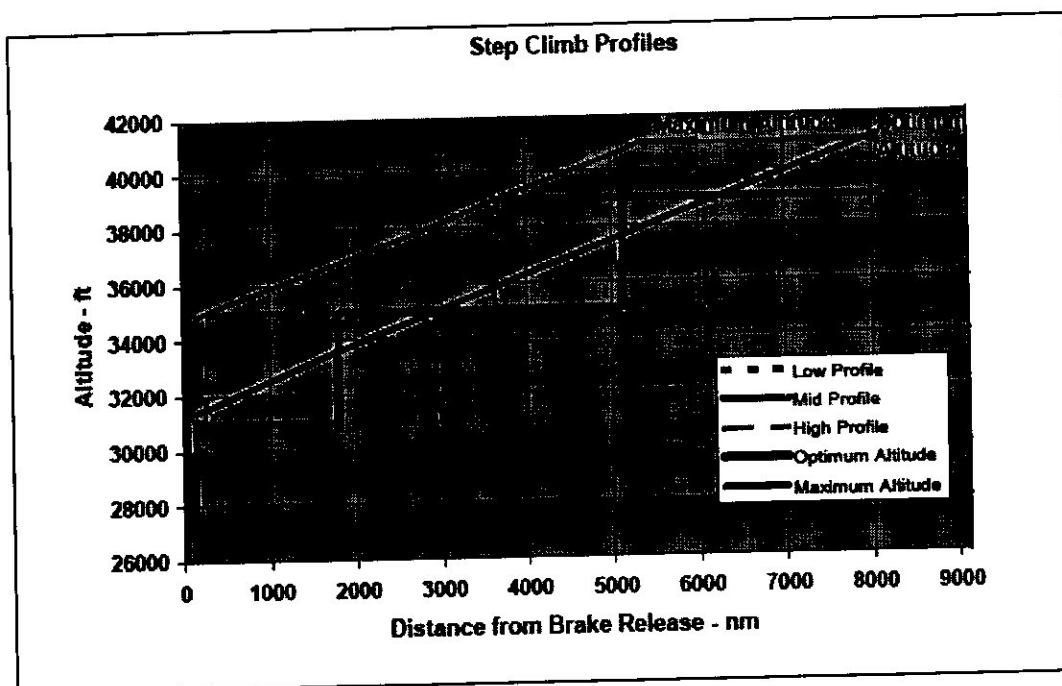


Figure 9 : Profils de montée en escalier

II.2.3. Altitude optimale sur les étapes courtes

Pour les étapes courtes, le choix du niveau de vol de croisière est souvent restreint à cause de la montée nécessaire et à la distance de descente.

Une montée suivie immédiatement de la descente n'est pas appréciée par les pilotes, les passagers ou l'ATC, donc il y a un temps minimal pour la croisière.

Si la longueur d'étape est suffisante pour que le niveau de vol optimum soit atteint, et la croisière est de courte durée, alors les avantages à ce niveau de vol seront négligeables. Il peut être intéressant de voler à vitesse normale à un niveau de vol inférieur, car l'augmentation de la consommation en montée compense n'importe quelle réduction de consommation en croisière.

Dans le FPPM il y a un diagramme montrant l'altitude optimale sur une étape courte. Un exemple est montré ci-dessous pour les différents types d'appareils

→ B737-600-7B22

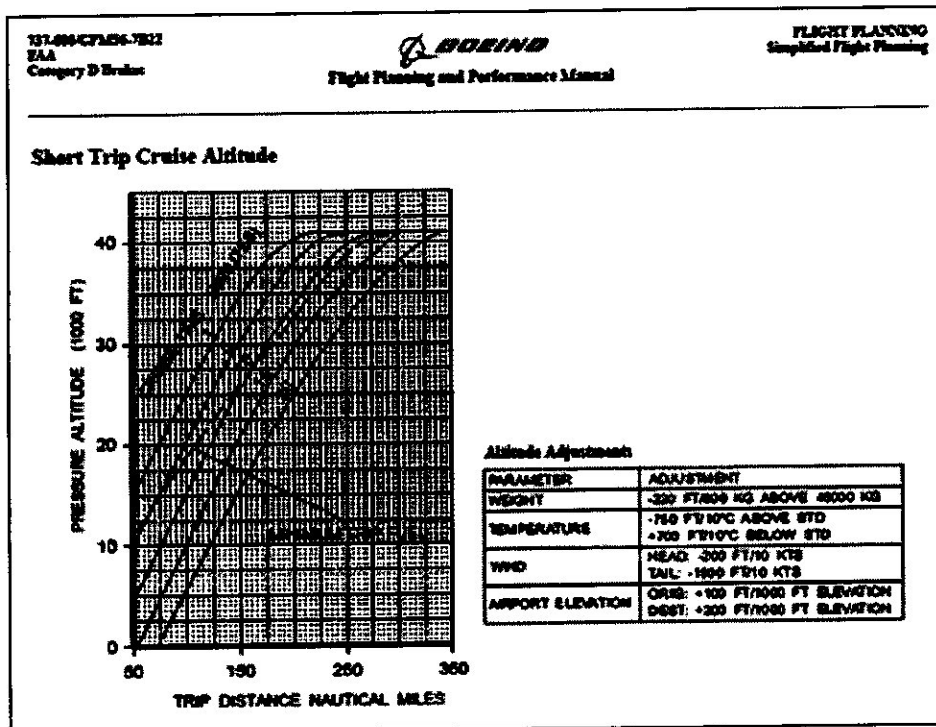


Figure 10 : Altitude optimale pour les étapes courtes

→ B737-800-7B24

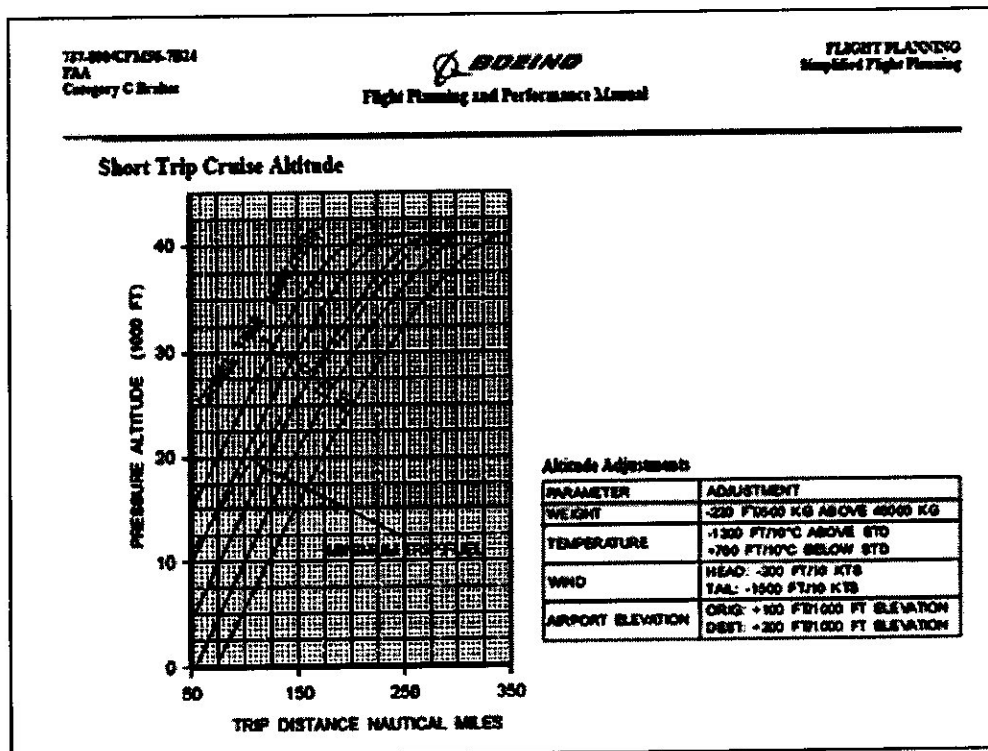


Figure 11 : Altitude optimale pour les étapes courtes

→ B737-800-7B26

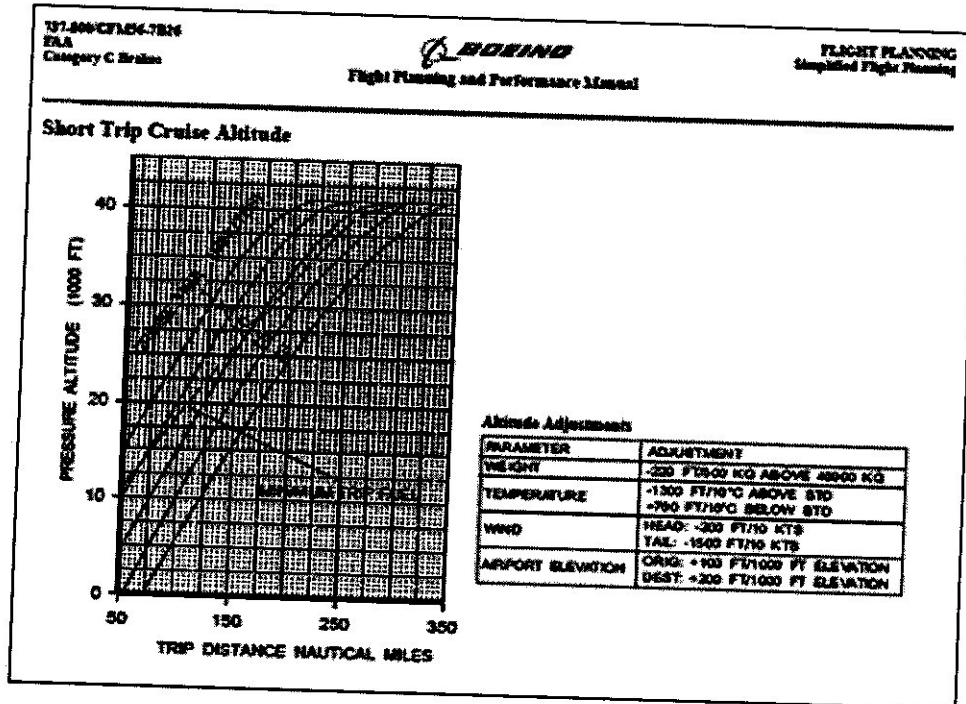


Figure 12 : Altitude optimale pour les étapes courtes

→ B737-800W-7B27

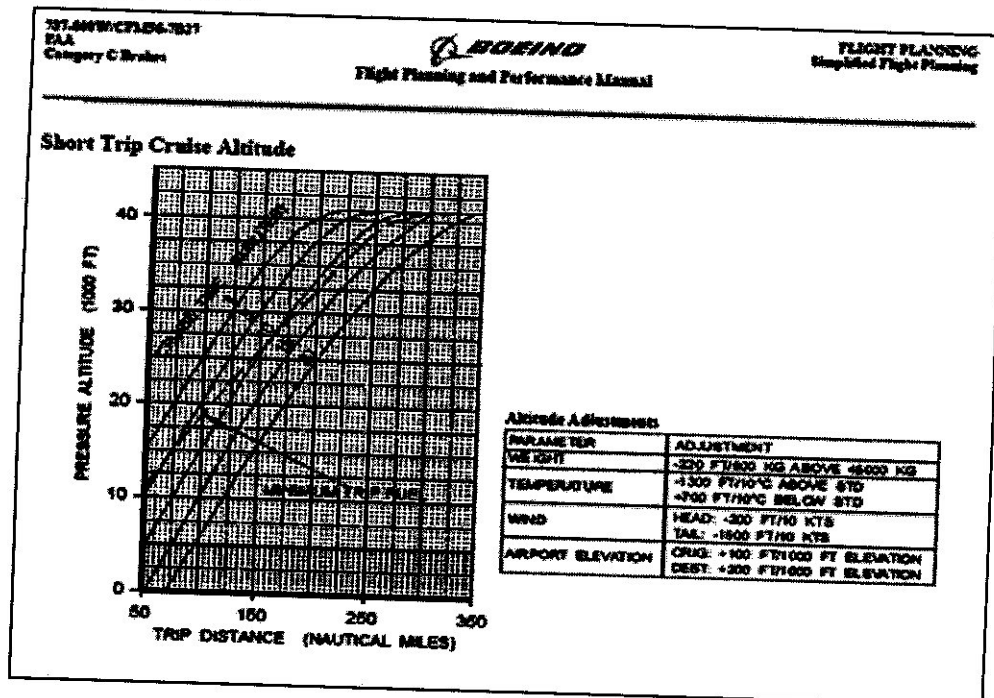


Figure 13 : Altitude optimale pour les étapes courtes

Exemple

Données : distance sol = 200 NM

Temps de croisière = 20 mn

Résultat : altitude optimale = 25000 ft.

II.3. Optimisation de la vitesse de croisière

Lors du vol à un niveau de vol optimum demandé ou imposé par le contrôle de trafic aérien, la vitesse est le seul paramètre restant qui exige un réglage. Le graphique suivant montre la variation du rayon spécifique avec le nombre de mach pour différentes masses avion à une altitude fixe.

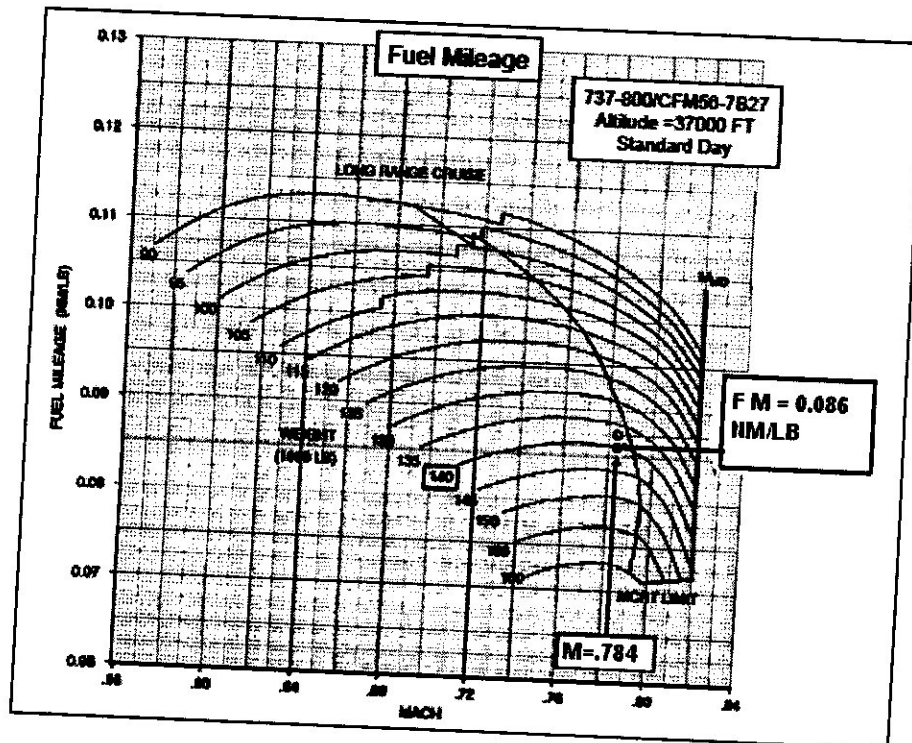


Figure 14 : Optimisation de la vitesse de croisière

Le nombre de mach, qui donne le meilleur rayon spécifique, peut être déterminé. Il s'appelle le mach maximum range (MMR). Néanmoins, pour des opérations pratiques, on définit un procédé à longue portée 'long range' de croisière avec une augmentation significative de la vitesse comparée à MMR, et seulement une perte de 1% dans le rayon spécifique. La vitesse MMR, la vitesse MLRC diminuent avec un poids décroissant, à altitude Constante .

→ Influence du vent sur le Mach

Le mach long range et le mach maxi range varient avec le vent.

L'exemple suivant montre le mach long range et le mach maxi range en fonction du rayon spécifique par rapport à des variations de vent pour un B737-800-7B.

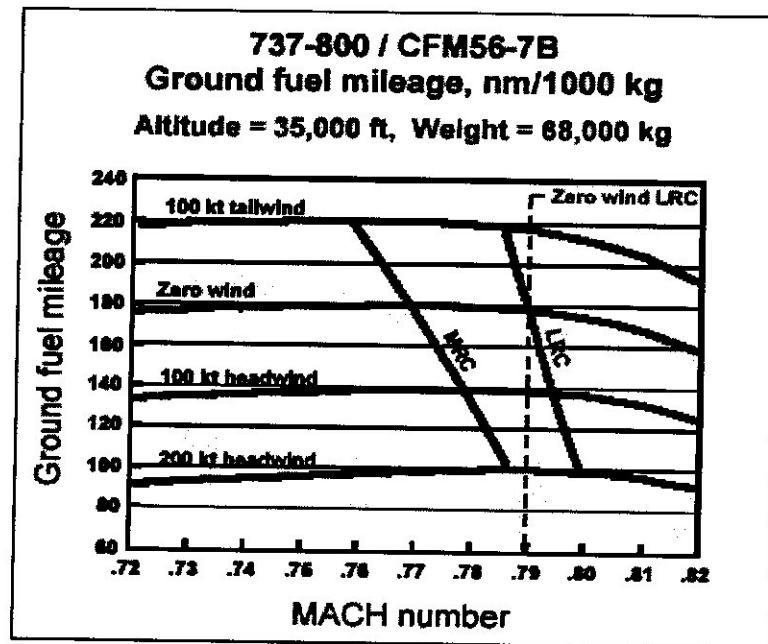


Figure 15 : Influence du vent sur le Mach

- Vent arrière augmente le rayon spécifique et réduit la vitesse.
- Vent debout diminue le rayon spécifique et augmente la vitesse.

II.4. Influence du vent sur l'altitude optimale

La vitesse du vent peut être différente à différentes altitudes. Pour un poids indiqué, quand l'altitude de croisière est inférieure à l'altitude optimale, le rayon spécifique diminue.

Néanmoins, il est possible qu'à une basse altitude avec un vent favorable, le rayon spécifique au sol s'améliore.

En conséquence, en de telles conditions, il est plus économique de voler à vitesse normale à basse altitude.

Si le vent est plus favorable il est conseillé de voler plus bas.

Les graphes suivants montrent l'effet du vent sur l'altitude optimale

→ B737-600

Mach 0.79 :

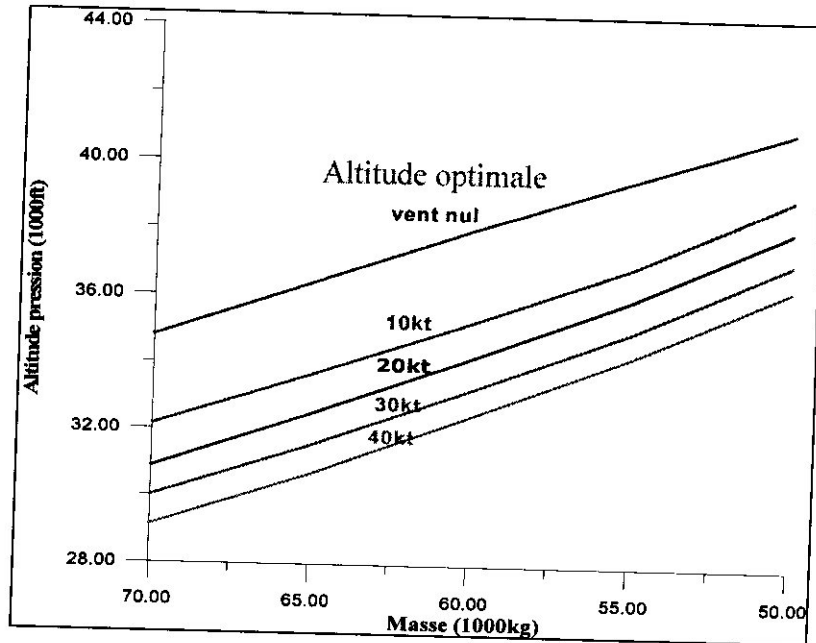


Figure 16 : Influence du vent sur l'altitude optimale

Mach LRC :

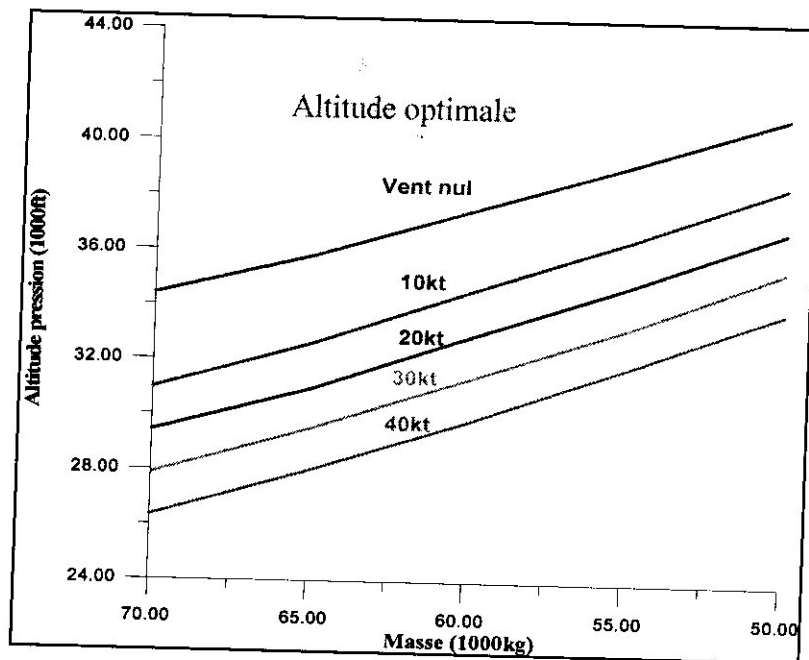


Figure 17 : Influence du vent sur l'altitude optimale

→ B737-800 sans winglets

Mach 0.79 :

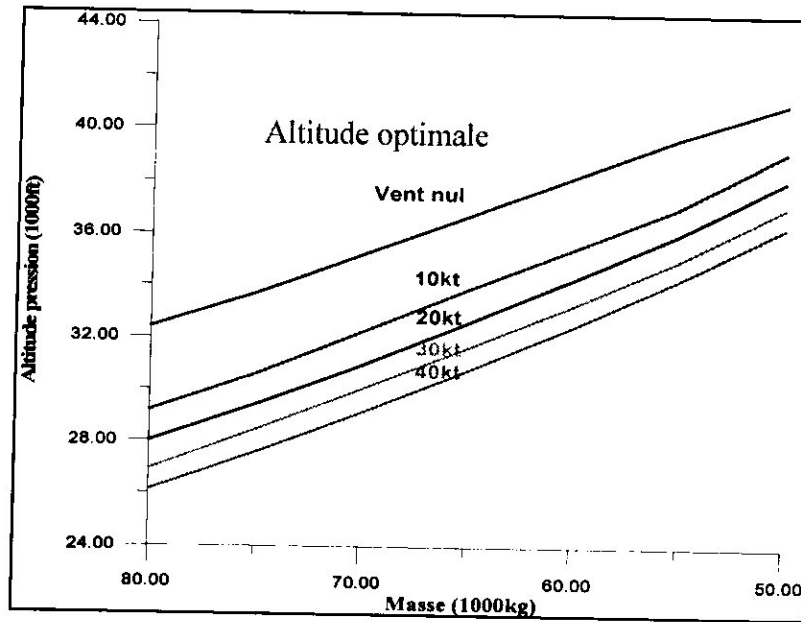


Figure 18 : Influence du vent sur l'altitude optimale

Mach LRC :

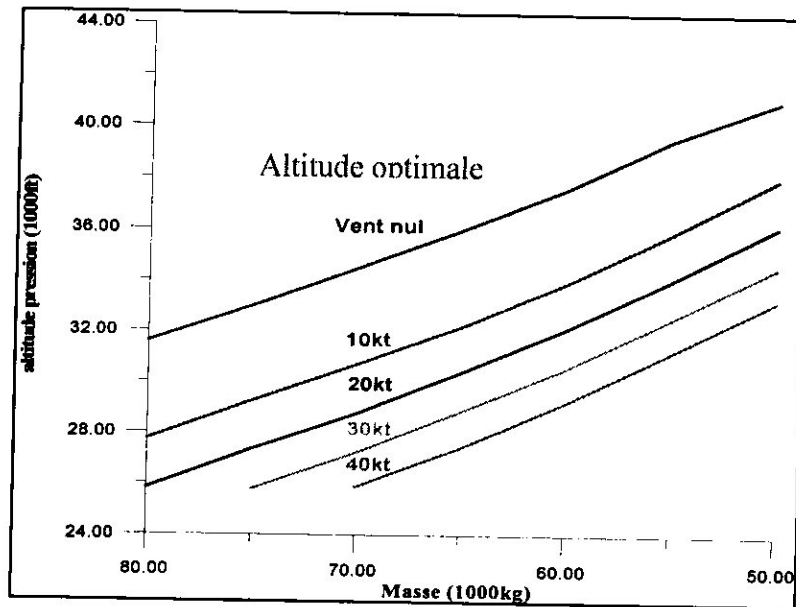


Figure 19 : Influence du vent sur l'altitude optimale

→ B737-800 avec winglets

Mach 0.79:

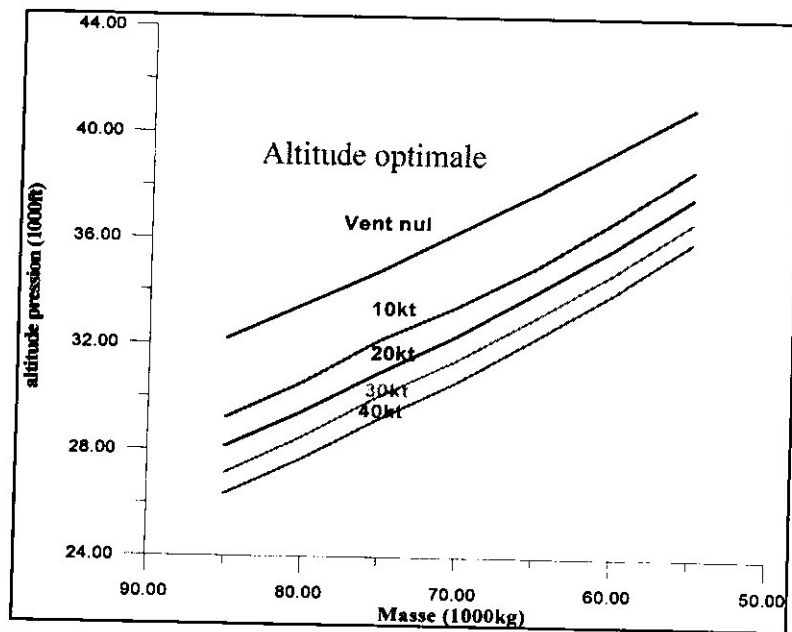


Figure 20 : Influence du vent sur l'altitude optimale

Mach LRC :

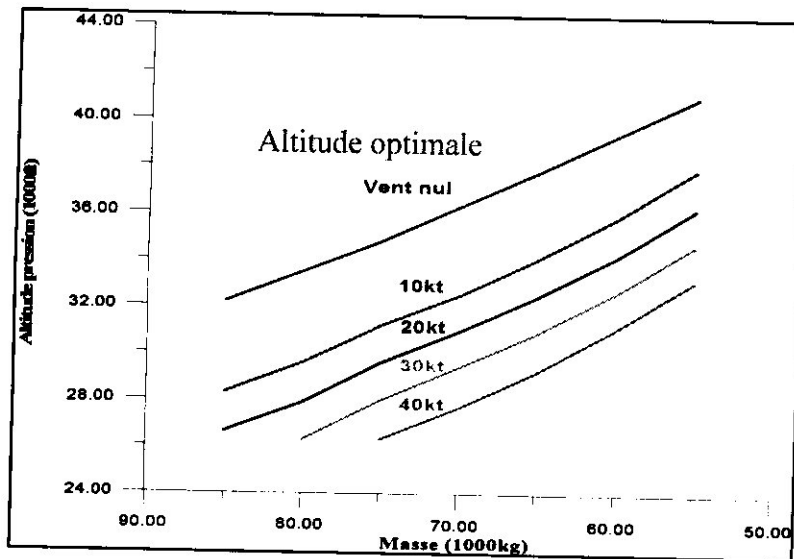


Figure 21 : Influence du vent sur l'altitude optimale

II.5. Le FMS et le cost index (CI)

II.5.1. Le FMS

Les impératifs économiques liés à l'exploitation du transport aérien ont conduit les compagnies aériennes à se soucier constamment de l'efficacité dans l'utilisation en exploitation de leur avions et donc à rechercher la diminution des coûts.

→ Présentation

Le **FMS** est un système embarqué permettant la gestion du vol aussi bien dans le plan horizontal que vertical. Par l'intermédiaire d'un calculateur puissant, le vol peut être ainsi optimisé. Couplé au pilote automatique et aux auto-manettes, le **FMS** permet à l'avion de suivre une trajectoire précise dans le plan horizontal (mode **NAV**) et une trajectoire optimisée dans le plan vertical (mode **PROFILE**) en fonction des conditions réelles du vol (masse réactualisée continuellement) et des conditions météorologiques du moment (vents et températures en temps réels).

Initialement, avant le vol, le pilote insère par le biais d'un **CDU** (Control Display Unit, interface entre le pilote et le calculateur du **FMS**), un plan de vol ou une compagnie route (plan de vol préétabli par la compagnie auquel il suffit de rajouter le départ (**SID**) en fonction de la piste, et l'arrivée (**STAR**) en fonction de la piste).

Au cours du vol le pilote peut selon les conditions rencontrées de vol :

- Suivre le plan de vol initialement prévu ;
- Infléchir une partie ou la totalité du vol afin de s'adapter au vol (trajectoire directe accordée par le contrôle, évitement d'une masse nuageuse, recherche d'un niveau optimal, respect d'une contrainte imposée par le contrôle (altitude, facteur temps, etc.).
- Recevoir de la part du système **FMS** des informations concernant des anomalies du système lui-même, des impossibilités de respect de contraintes, des informations continues (heures estimées de passage de points et d'arrivée, temps d'attente possible à destination. Quantités de carburant restantes et consommation sur le trajet. Terrains les plus proches. Etc....).

Avec toutes ces informations, le pilote dispose de tous les éléments pour gérer son vol d'une façon plus sereine. Il reste ainsi disponible pour prendre des décisions stratégiques agissant sur le long terme, ou tactique agissant sur le cours et moyen terme.

Autre fois réservée pour les avions de ligne long courrier, le **FMS** est maintenant considéré comme un système à part entière. On le trouve ainsi sur

tous les avions nouveaux, y compris ceux des compagnies dites régionales. Le **FMS** doit être considéré comme une aide appréciable à la réalisation d'un vol.

Il ne doit en aucun cas devenir au cours d'un vol une gêne quelconque. Si tel est le cas, il vaut mieux sortir des modes **FMS** (**NAV** et **PROFILE**) afin de suivre scrupuleusement une trajectoire, plutôt que passer son temps le nez sur l'écran !

L'utilisation d'un **FMS** ne pose pas de problèmes majeurs. Par contre connaître les nombreuses possibilités de ce système avant une première qualification sur un avion disposant d'un **FMS**, est un atout important.

→ Comment diminuer de 1% la consommation de carburant ?

Ceci pourra être obtenu dans quelques cas par exemple en choisissant une étape de 500 milles nautiques une route plus directe et qui la raccourcit de 6 à 7 milles nautiques ou encore en choisissant un niveau de vol plus bas de 4000 pieds par rapport à l'altitude optimale théorique si le vent Y est moins défavorable de 25 nœuds.

II.5.2. Le cost index

L'installation de l'**FMS** a permis aux compagnies aériennes 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 de la gestion du 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 définis comme le rapport entre le coût du temps de vol et le coût de carburant.

$$CI = CH \div CF$$

→ Nombre de Mach économique

Le mach long range de croisière (mach long range cruise) a été considéré comme régime à consommation minimum. Si nous considérons les frais d'exploitation directs, le nombre de mach économique (M_{ECON}), peut être introduit.

En conséquence, pour un vol donné, le Doc peut être exprimé comme :

$$DOC = C_c + C_f \cdot \Delta F + C_t \cdot \Delta T$$

C_c : coûts fixes.

C_f : coûts carburant unitaire.

C_t : coûts relatifs au temps par heure de vol

ΔF : délestage.

ΔT : temps de vol.

Comme les coûts d'exploitation directs sont calculés en nautiques miles il est possible de tracer une courbe des coûts liés au fuel, au temps de vol, et les coûts directs d'exploitation basés sur le nombre de mach.

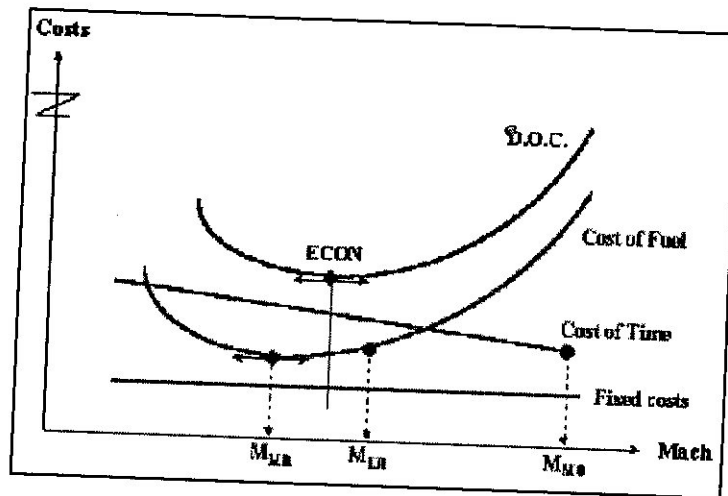


Figure 22 : Courbe des coûts en fonction du mach

Les coûts de carburant minimum correspondent au mach maxi range. Les coûts directs minimum correspondent à un nombre de mach spécifique, désigné sous le nom mach Econ (M_{ECON}).

FL = constant, masse diminue $\rightarrow M_{ECO}$ diminue
 Masse = constant FL augmente $\rightarrow M_{ECO}$ augmente

La valeur de M_{ECON} dépend du rapport du temps et du coût carburant. Ce rapport s'appelle l'index de coût (CI), et est habituellement exprimé en kg/min ou 100 lb/h :

$$\text{Cost Index (CI)} = \frac{\text{Cost of time}}{\text{Cost of fuel}} = \frac{C_T}{C_F}$$

Selon l'index de coût, l'avion exploité et les conditions atmosphériques, l'altitude optimale et le nombre de mach économique sont calculés. A partir de ça, la consommation de carburant dépend seulement de l'index de coût choisi. Le diagramme suivant montre la variation du mach économique par rapport au niveau de vol pour différents index de coût.

III. La descente

III.1. Introduction

Selon la loi de descente, les trajectoires de vol changent dans l'inclinaison. En effet, plus la vitesse est importante, plus la pente est raide.

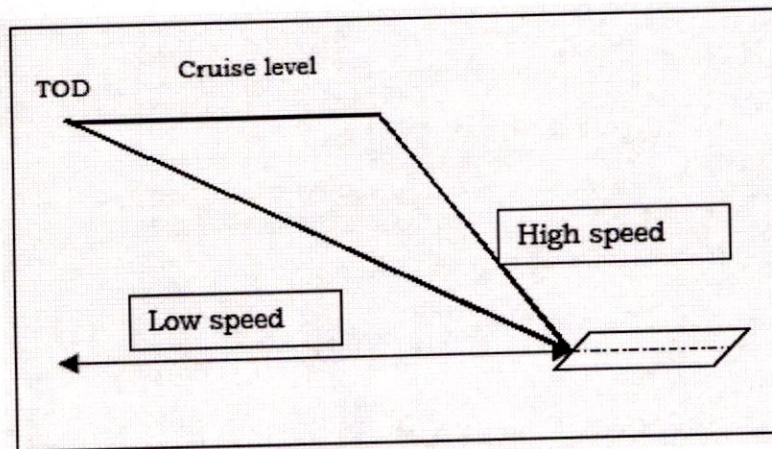


Figure 23 : Profil de descente

III.2. La descente pour les B737-800 et B737-600

Des descentes sont normalement effectuées en trois phases sur un programme constant de vitesse de descente d'IAS/Mach, comme suit :

0.78/280/250

- Un nombre de mach constant est maintenu jusqu'à l'altitude de croisement (0.78M)
- IAS constante et maintenue basse jusqu'à 10000ft (280kt)
- 250 KT (IAS) est maintenue au-dessous du niveau 100 de vol, jusqu'à ce que l'avion ralentisse pour l'atterrissage.

III.3. Effet de la descente sur la consommation de carburant

Une évaluation a été faite pour la consommation carburant pendant la descente et a démontré, qu'un poids élevé diminue la consommation totale de carburant ceci est dû au faible gradient $[(\text{poussée} - \text{traînée})/\text{poids}]$ qui induit une distance de descente plus importante qui va diminuer la distance de croisière où la consommation est plus importante (moteurs au ralenti pendant la descente) ~~qui est montré dans le diagramme suivant~~

Pour évaluer correctement les effets des techniques de descente, la croisière et le vol de descente doivent être considérés l'un par rapport à l'autre. Une distance courte de descente prolonge par exemple la distance de croisière.

III.4. Modes de descente

III.4.1. Descente contrôlée

Le FMS calcule le top de la descente (TOD) en fonction de l'index de coût. Nous notons que plus l'index de coût est élevé :

- Plus la trajectoire de descente est raide (plus la vitesse est haute)
- Plus la distance de descente est courte
- Plus le top de la descente est retardé.

L'exécution de descente est fonction de l'index de coût ; plus l'index de coût est élevé, plus la vitesse de descente est importante. Mais contrairement à la montée, le poids brut de l'avion et le niveau de vol de la descente semblent, avoir un effet négligeable sur le calcul de la vitesse de descente.

III.4.2. Descente prématurée

Si l'avion commence sa descente trop tôt, il quitterait son niveau de vol optimum (où la consommation de carburant est minimale), et devrait évoluer à une plus basse altitude pour arriver au même point.

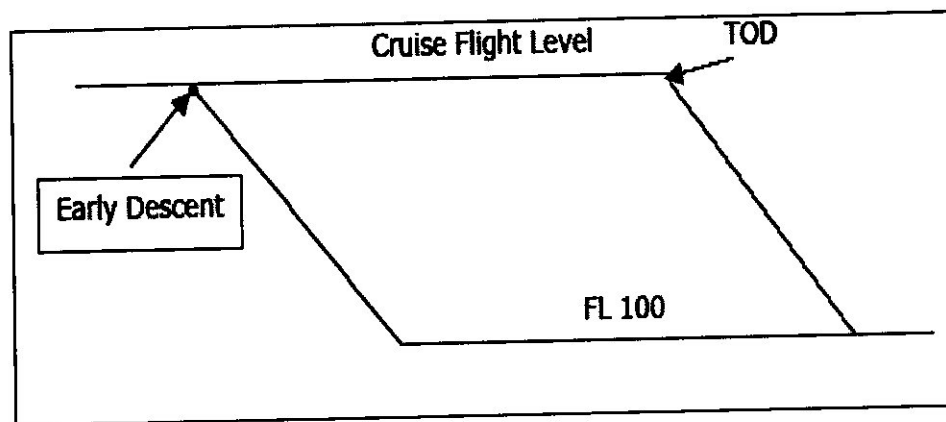


Figure 24 : Profil de descente prématurée

Deux situations de descente ont été simulées :

La descente a débuté 15 Nm (ou environ 2 minutes) plutôt suivi d'un palier au FL100.

La croisière est poursuivie du point de descente prématurée jusqu'au TOD calculé par le FMS, suivi de la descente.

IV L'attente

Quand l'attente est exigée, elle est généralement effectuée sur «hippodrome», la connaissance du temps maximum de l'attente (maximum endurance) est un facteur déterminant pour n'importe quelle décision de déroutement. En conséquence, il est important, pendant l'attente, d'essayer de réduire au minimum le carburant en réduisant simplement au minimum le fuel flow.

Pour tous les avions, la vitesse minimum de consommation carburant est très proche de la vitesse de la finesse maxi appelée **vitesse point vert (green dot speed)**.

Le circuit d'attente peut être limité autour de certains aéroports à cause de la proximité de certains obstacles. Par conséquent, la vitesse **point vert** est parfois trop élevée.

Dans certains aéroports, l'ATC peut exiger que l'attente soit exécutée à une certaine vitesse où il n'est pas évident d'optimiser entièrement la consommation carburant.

V L'approche

Les procédures utilisées dans la phase d'approche peuvent affecter la quantité de carburant consommée dans cette phase du vol.

La pente de glissement peut être arrêtée horizontalement entre 1500ft et 2000ft ou dans un chemin de vol descendant au-dessus de 2000ft. Cette dernière méthode emploie moins de carburant, mais il est difficile de mesurer la quantité, car elle dépend des chemins de vol exacts dans chaque cas.

Cependant, le dispositif le plus important d'une approche est qu'il devrait être bien exécuté en toute sécurité.

Conclusion

Le transport aérien s'est engagé à satisfaire la demande croissante de ses clients de manière durable, en maintenant un équilibre optimal entre progrès économique et développement social.

La forte augmentation du prix de pétrole ces dernières années oblige les compagnies aériennes à adopter des mesures opérationnelles pour la réduction de la consommation du carburant.

Aussi notre étude porte essentiellement sur les attitudes à prendre pour atteindre l'objectif majeur à savoir « économiser ce produit névralgique ».

De ce fait certaines mesures opérationnelles tendant à réduire la quantité de carburant consommée doivent être prise en considération comme :

- l'élimination des masses non indispensables,
- l'optimisation de l'altitude et des vitesses des aéronefs,
- la limitation de l'emploi d'énergie auxiliaire,
- le bon entretien des moteurs et des cellules,
- le bon choix de l'itinéraire et la réduction du roulement au sol.

De plus, le renouvellement de la flotte par l'achat de B737-600 et B737-800 est une des actions positives pour l'économie de la compagnie.

Notre étude nous a démontré le bien fondé de cette acquisition. En effet la consommation du carburant sur ces appareils neufs est moindre par rapport aux aéronefs plus vétustes.

BIBLIOGRAPHIE

- **FLIGHT PLANNING AND PERFORMANCE MANUAL (FPPM):**

B737-600 CFM56-7B22;
B737-800 CFM56-7B24;
B737-800 CFM56-7B26;
B737-800 CFM56-7B27;
B737-800W CFM56-7B27;

- **FLIGHT CREW OPERATING MANUEL (FCOM):**

B737-600 CFM56-7B22;
B737-800 CFM56-7B24;
B737-800 CFM56-7B26;
B737-800 CFM56-7B27;
B737-800W CFM56-7B27;

- **OPERATIONS AERIENNES TOME II METHODES
D'EXPLOITATION.**

- **COURS BOEING.**