

07/2006

Ex 2

07/2006  
Ex 2

République Algérienne Démocratique et Populaire  
Ministère de l'Enseignement Supérieur Et la Recherche  
Scientifique

Université de « SAAD DAHLEB » Blida

Institut d'Aéronautique

Option : Opérations Aériennes



THEME:

ECONOMIE DU CARBURANT POUR

B767-300



Réalisé par:  
MESSAOUDI Zahira  
MEZGHRANI Mustapha

Encadré par :  
Mr TERMELLIL Farid

..... Promotion 2005/2006 .....

# Remerciements

*Nous remercions le Dieu tout puissant qui nous a éclairé sur le chemin du savoir et donné la force pour arriver à cet instant.*

*Nous adressons nos remerciements à notre promoteur monsieur TERMELLIL FARID qui malgré ces diverses obligations, a eu l'amabilité de nous prendre en charge.*

*Par la même nous exprimons notre extrême gratitude à l'égard de l'ensemble des enseignants de l'institut d'aéronautique de Blida ainsi qu'au personnel d'AIR ALGERIE et aux membres du jury qui ont bien voulu présider et examiner notre travail.*

*ZAHIRA et MUSTAPHA*



# Dédicace

*Je dédie ce travail à mes très chers parents en gage de leur patience et sacrifice dont ils ont fait preuve durant toute cette dure période pour m'enseigner les vraies valeurs de la vie et faire de moi ce que je suis.*

*A mes frères et sœurs : Sidi Mohamed, Abd Errahim, Rahima et Naouel ;*

*A mes belles sœurs : Lila et Amaria ;*

*A mes neveux et nièces tout en leur souhaitant un meilleur parcours scolaire.*

*A mon binôme Mustapha ;*

*A mes amies : Sihem, Fella, Farah et Meriem ;*

*A mes cousines : Amel et Meriem ;*

*A toute ma promotion 2006.*

**ZAHIRA**

# Dédicace

*Je dédie ce travail à mes très chers parents en gage de leur patience et sacrifice dont ils ont fait preuve durant toute cette dure période pour m'enseigner les vraies valeurs de la vie et faire de moi ce que je suis.*

*A mes frères : Redha et Oussama ;*

*A mon binôme ZAHIRA avec qui j'ai appris le sens du partenariat ;  
A mes chers amis ;*

*A toute ma promotion 2006;  
A mes tantes et oncles ;  
A mes cousins et cousines ;  
A tous mes amis (es).*

*Je dédie le fruit de toutes mes années d'études*

*MUSTAPHA*

# Sommaire

## Introduction générale.

### Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'appareil.

I.1. Présentation de la compagnie.....	01
I.1.1. Historique.....	01
I.1.2. Réseaux.....	03
I.1.3. Organigramme de la compagnie.....	05
I.2. Description générale de l'avion « B767-300 ».....	06
I.2.1. Caractéristiques générales.....	06
I.2.2. Portes d'accès.....	08
I.2.3. Aménagements commerciaux.....	08

### Chapitre II : Carburant réglementaire à embarquer.

II.1. Introduction.....	11
II.2. Quantité réglementaire de carburant à embarquer.....	11
II.3. Escale technique facultative (ETF).....	14

### Chapitre III : Plan de vol exploitation.

III.1. Généralités.....	17
III.2. Description du plan de vol informatisé .....	18
III.2.1. Première partie du plan de vol .....	22
III.2.2. Deuxième partie du plan de vol.....	23
III.3. Les données avion .....	24
III.4. Etablissement du JETPLAN.....	25
III.4.1. Détermination de la meilleure route .....	25
III.4.2. Calcul du carburant .....	25
III.4.3. Préparation du vol avec JETPLAN .....	26

III.4.4. Validité du JETPLAN .....	26
III.4.5. Contrôle du JETPLAN .....	26
III.4.6. Utilisation du document JETPLAN.....	27

III.5. Codes et abréviation.....	27
----------------------------------	----

## **Chapitre IV : Procédures prés vol.**

<b>IV.1. Optimisation d'un itinéraire.....</b>	<b>29</b>
IV.1.1. Introduction.....	29
IV.1.2. Choix de route.....	29
IV.1.3. Conclusion.....	31
<b>IV.2. Le roulage.....</b>	<b>32</b>
IV.2.1. Introduction.....	32
IV.2.2. Application.....	32
IV.2.3. Conclusion.....	33
<b>IV.3. Auxiliary power unit (APU).....</b>	<b>34</b>
IV.3.1. Introduction.....	34
IV.3.2. Définition de l'APU.....	34
IV.3.3. La consommation de l'APU .....	34
IV.3.4. Le groupe de parc.....	35
IV.3.5. Conclusion.....	36
<b>IV.4. position de centre de gravité.....</b>	<b>37</b>
IV.4.1. Introduction.....	37
IV.4.2. Influence du centrage sur la consommation carburant.....	38
IV.4.3. Conclusion.....	38
<b>IV.5. Transport de carburant.....</b>	<b>39</b>
IV.5.1. Introduction.....	39
IV.5.2. Coefficient de transport.....	39
IV.5.3. Principe de calcul du gain ou perte.....	40
IV.5.4. Limitation de transport de carburant.....	41
IV.5.5. Conséquences du transport de carburant.....	41
IV.5.6. Effet de surcharge.....	41
IV.5.7. Application sur le « B767-300 ».....	42

<b>IV.6. Dégradation des performances.....</b>	<b>51</b>
IV.6.1. Introduction.....	51
IV.6.2. Principe de mesure des performances.....	51
IV.6.3. Les paramètres affectant la dégradation.....	52
IV.6.4. Le concept d'entretien avion.....	53
IV.6.5. Suivi carburant.....	54
IV.6.7. Application.....	55

<b>IV.7. Décollage a poussée réduite.....</b>	<b>61</b>
IV.7.1. Définition .....	61
IV.7.2. Détermination de la poussée réduite.....	61
IV.7.3. Utilisation de la poussée réduite.....	62
IV.7.4. Restriction d'utilisation de la poussée réduite.....	62
IV.7.5. Conséquences de la poussée réduite.....	63
IV.7.6. Exemple.....	63
IV.7.7. Conclusion.....	65

## **Chapitre V : Procédures en vol.**

<b>V.1. La montée.....</b>	<b>66</b>
V.1.1. Introduction.....	66
V.1.2. La loi de montée.....	66
V.1.3. Altitude de conjonction.....	67
<b>V.2. La croisière.....</b>	<b>68</b>
V.2.1. Introduction.....	68
V.2.2. Optimisation de l'altitude de croisière.....	68
V.2.2.1. Définition.....	68
V.2.2.2. Pénalité du rayon d'action spécifique pour des déviations de l'altitude optimale.....	71
V.2.2.3. Influence du vent sur l'altitude optimale.....	73
V.2.2.4. La montée en palier « stepped climb ».....	74
V.2.2.5. Altitude optimale sur les étapes courtes.....	76
V.2.3. Optimisation de la vitesse de croisière.....	77
V.2.3.1. Introduction.....	77
V.2.3.2. Influence du vent sur le mach.....	78
V.2.3.3. Utilisation du FMS en mode gestion.....	79
V.2.3.4. Nombre de mach économique.....	79
V.2.3.5. Les valeurs extrêmes du cost index.....	81
V.2.3.6. Conclusion.....	81

<b>V.3 la descente.....</b>	<b>82</b>
V.3.1. Introduction .....	82
V.3.2. Loi de descente.....	82
V.3.3. Effets des techniques de descente sur la consommation .....	83
V.3.4. Mode de descente contrôlée.....	83
V.3.5. Descente prématurée.....	83

<b>V.4. L'attente .....</b>	<b>84</b>
-----------------------------	-----------

<b>V.5. L'approche .....</b>	<b>85</b>
------------------------------	-----------

**Conclusion générale.**



## Sommaire des figures

### Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'appareil.

Figure I.1 : Caractéristiques générales.....	07
Figure I.2 : Répartition des sièges dans les zones cabine.....	09

### Chapitre II : Carburant réglementaire à embarquer.

Figure II.1 : Quantité réglementaire de carburant à embarquer...	11
Figure II.2 : Escale technique facultative.....	14

### Chapitre IV : Procédures prés vol.

Figure IV.1 : Choix de route.....	30
Figure IV.2 : Influence du centrage sur la consommation de carburant.....	38
Figure IV.3 : Coefficient de transport.....	39
Figure IV.4 : transport de carburant LRC/.80M.....	44
Figure IV.5 : Ecart de prix.....	45
Figure IV.6 : La poussée réduite à température fictive.....	61
Figure IV.7 : Effet de la poussé sur la pente.....	63

### Chapitre V : Procédures en vol.

Figure V.1 : profile de montée.....	66
Figure V.2 : Loi de montée.....	67
Figure V.3 : Définition de l'altitude optimale.....	69
Figure V.4 : La polaire.....	69
Figure V.5 : Détermination de l'altitude optimale.....	71
Figure V.6 : Pénalité du rayon d'action spécifique pour des déviations de l'altitude optimale.....	72
Figure V.7 : variation de l'altitude optimale en fonction de l'écart favorable de vent effectif.....	73
Figure V.8 : la montée en palier.....	74
Figure V.9 : Profil bas.....	75
Figure V.10 : profil haut.....	75

Figure V.11 : profil moyen.....	75
Figure V.12 : Détermination de l'altitude optimale pour les étapes courtes.....	76
Figure V.13 : variation du rayon d'action en fonction du mach...	77
Figure V.14 : Influence du vent sur le mach.....	78
Figure V.15 : Courbe des coûts en fonction du mach.....	80
Figure V.16 : Profile de descente.....	82
Figure V.17 : Profile de descente prématurée.....	84
Figure V.18 : procédures et techniques d'approche.....	85

## **Introduction générale**


Le climat économique actuel est très dur pour les compagnies aériennes. Tous les domaines d'opérations aériennes sont étudiés avec l'espoir de trouver les moyens d'économiser le carburant car il constitue après les salaires le deuxième poste de dépenses.

Afin de réduire la consommation de carburant, la plus part des compagnies aérienne font des changements à leur mode opératoire et essaient d'améliorer la planification de vol, la gestion et les techniques d'exploitation.

Les bénéfices des transporteurs aériens sont donc menacés par la cherté de l'or noir. Les gagnants dans ce secteur sont ceux qui disposent de contrats de couvertures et d'avion plus économiques. Les analyses font remarquer que le prix de pétrole avoisine les 75 Dollars le baril.

Les compagnies aériennes, se sont mises à l'application des procédures et pratiques pour maximiser les économies de carburant, autrement dit les dépenses dans les limites de sécurité.

A travers ce travail, nous allons nous familiariser avec les différentes procédures et les mesures à entreprendre pour réduire la consommation de carburant.



Chapitre I :  
Présentation de la  
compagnie et de l'appareil

## **I.1. Présentation de la compagnie :**

### **I.1.1. Historique :**

La compagnie aérienne a vu le jour quinze ans avant l'indépendance. En effet, la compagnie AIR ALGERIE a été créée en 1947 pour l'exploitation du réseau de lignes aériennes entre l'Algérie et la France.

Ce même réseau a été desservi par la société AIR TRANSPORT dont les lignes s'étendaient jusqu'à l'ex Afrique occidentale française.

En 1953, à la suite de la fusion de ces deux organisations, la compagnie du transport aérien AIR ALGERIE entre en activité.

1954 : début de la guerre de libération nationale AIR ALGERIE dispose d'une flotte composée de quatre avions conventionnels à pistons DOUGLAS (DC4).

1956 : l'introduction des LOKHEED « constellation » porte le nombre de la flotte à 10 avions.

1957 : acquisition de deux autres DC4, ainsi que deux DC3 et deux Nord Atlas cargo.

1959 : mise en service de la première caravelle, avion propulsé par des turboréacteurs.

1962 : à cette date, où l'Algérie acquiert l'indépendance nationale après la guerre de libération nationale qui l'a opposé à la France. La flotte existante à ce moment là est composée de :

- 04 Caravelles ;
- 10 DC4 ;
- 03 DC3.

En 1963, AIR ALGERIE devient compagnie nationale sous tutelle du ministère des transports.

L'indépendance de l'Algérie va entraîner les départs des personnels de nationalité Française et une « Algérianisation progressive ». AIR ALGERIE va développer son réseau progressivement grâce à de nouvelles lignes

internationales à destination des pays avec lesquels l'Algérie a établi des relations diplomatiques et/ou commerciales (Europe, Afrique et moyen Orient) 35 destinations vers l'étranger et 26 destinations intérieur.

1966 : l'Algérianisation du personnel navigant commerciale est menée à son terme.

1968 : les actions encore détenues par les sociétés étrangères sont rachetées par l'état algérien.

Acquisition de quatre CONVAIR G60 et retrait des DC4 et DC3.

1971 : mise en service des premiers SUPERJET BOEING, l'effort fourni pour la formation de personnels navigants algérien permettra la composition des premiers équipages entièrement algériens.

1972 : nouveau succès pour la compagnie ; Au sein des ateliers de maintenance de DAR EL BEIDA de la première grande visite sur un appareil de type CARAVELLE.

1984 : à cette date l'Algérianisation du personnel navigant technique peut être considérée comme achevée : 98% de l'effectif du personnel de conduite est composé de nationaux.

Actuellement la flotte d'AIR ALGERIE est composée des appareils présentés dans le tableau suivant :

<b>AIRCRAFT</b>	<b>TYPE &amp; SERIE</b>	<b>MTOW (KGS)</b>	<b>MAX PAX CAPACITY</b>	<b>ENGINE</b>
7TVES	B737-200	52 390	CARGO	JT8-D15
7TVHG	L382G	70 306	CARGO	501-D22A
7TVHL	L382G	70 306	CARGO	501-D22A
7TVJG	B767-300	156 489	253	CF6-80C2B2F
7TVJH	B767-300	156 489	253	CF6-80C2B2F
7TVJI	B767-300	156 489	253	CF6-80C2B2F
7TVJJ	B737-800	78 244	160	CFM56-7B26
7TVJK	B737-800	78 244	160	CFM56-7B26
7TVJL	B737-800	78 244	160	CFM56-7B26
7TVJM	B737-800	72 802	160	CFM56-7B24



7TVJN	B737-800	72 802	160	CFM56-7B24
7TVJO	B737-800	72 802	144	CFM56-7B24
7TVJP	B737-800	72 802	144	CFM56-7B24
7TVJQ	B737-600	65 090	101	CFM56-7B22
7TVJR	B737-600	65 090	101	CFM56-7B22
7TVJS	B737-600	65 090	101	CFM56-7B22
7TVJT	B737-600	65 090	101	CFM56-7B22
7TVJU	B737-600	65 090	101	CFM56-7B22
7TVJV	A330-202	210 000	269	CF6-80E1A4
7TVJW	A330-202	210 000	269	CF6-80E1A4
7TVJX	A330-202	210 000	269	CF6-80E1A4
7TVJY	A330-202	210 000	269	CF6-80E1A4
7TVJZ	A330-202	210 000	269	CF6-80E1A4
7TVKA	B737-800	78 244	144	CFM56-7B27
7TVKB	B737-800	78 244	144	CFM56-7B27
7TVKC	B737-800	78 244	144	CFM56-7B27

**I.1.2. Réseaux :**

Le réseau d'Air Algérie se décompose en deux :

- Réseau Domestique.
- Réseau International.

**➤ Réseau domestique :**

Actuellement 29 villes du territoire national sont reliées par les lignes de la compagnie entre le Nord et le sud du pays.

**LES VILLES DU NORD**

ALGER  
ANNABA  
BATNA  
BEJAIA

**LES VILLES DU SUD**

ADRAR  
BECHAR  
BISKRA  
BORDJ BADJI MOKHTAR

CONSTANTINE  
JIJEL  
MASCARA  
ORAN  
TEBESSA  
TIARET  
TLEMCEM  
SETIF

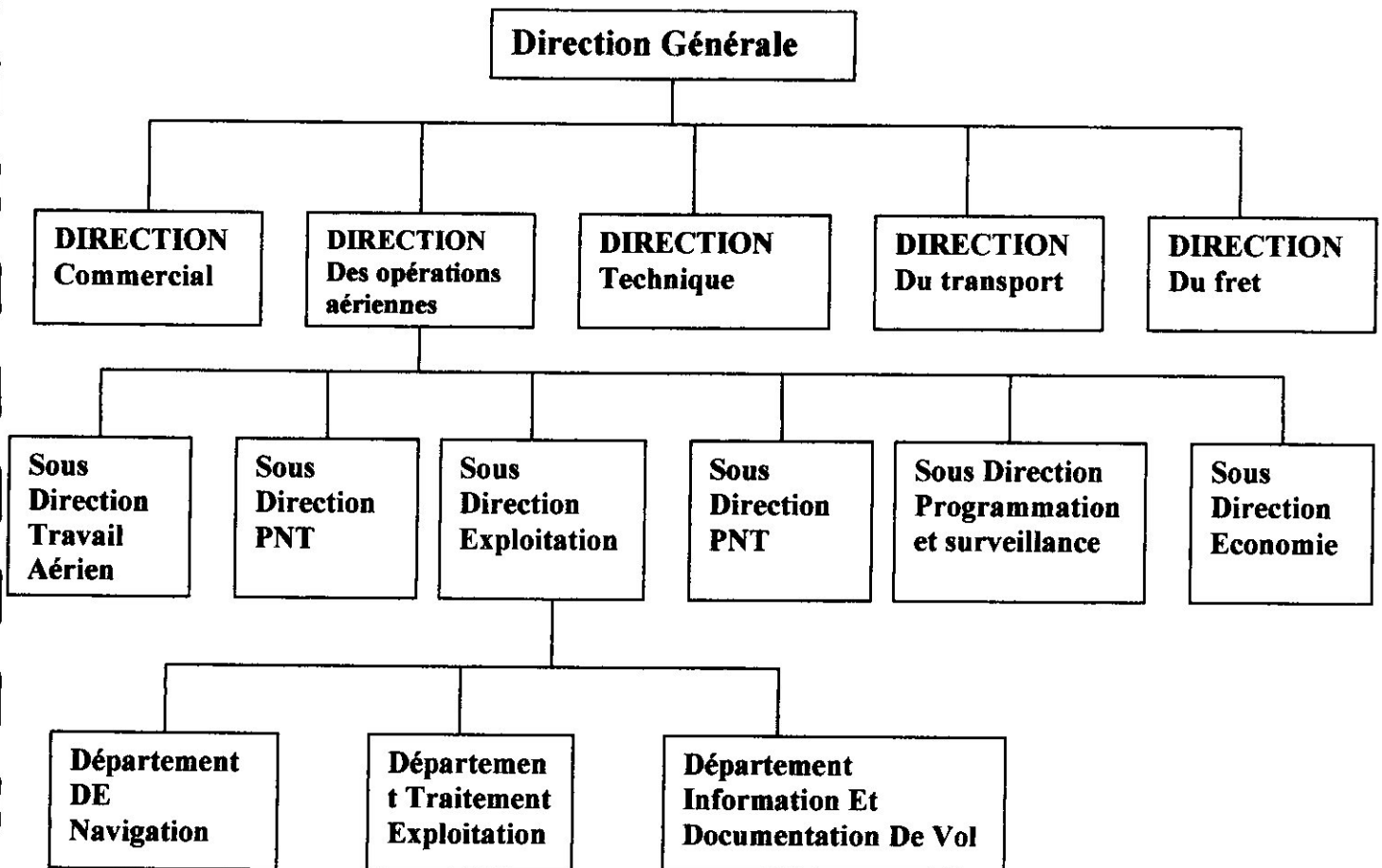
DJANET  
EL GOLEA  
EL OUED  
GHARDAIA  
HASSI MESSAOUD  
ILLIZI  
IN AMENAS  
IN SALAH  
OUARGLA  
TAMANRASSET  
TIMIMOUN  
TINDOUF

➤ **Réseau international:**

Le réseau international d'Air Algérie est un réseau très vaste, il est constitué des escales suivantes (il existe 5 faisceaux)

<b>FRANCE</b>	<b>EUROPE 1</b>	<b>EUROPE 2</b>	<b>M et M.O.</b>	<b>AFRIQUE</b>
PARIS CDG	MADRID	BERLIN	TUNIS	NIAMEY
MARSEILLE	BARCELONE	PRAGUE	CASABLANCA	BAMAKO
LILLE	PALMA	SOFIA	TRIPOLI	CONAKRY
METZ	ALICANTE	MOSCOU	CAIRE	LAGOS
LYON	ROME	ISTANBUL	DJEDDA	OUAGADOUGOU
TOULOUSE	GENEVE		BAHRAYN	ABIDJAN
NICE	FRANKFURT		AMMAN	NOUAKCHOUTT
BORDEAUX	BRUXELLES		DAMAS	
CHARLEROI	LONDRES		BEYROUTH	
	GATWICK		DOUBAI	

I.1.3. Organigramme de la compagnie :



## I.2. Description générale de l'avion « B767-300 » :

### I.2.1. Caractéristiques générales :

#### ➤ Voilure :

Envergure.....47,57 m ;  
Hauteur en bout d'aile .....maxi 5,47 m ;  
Mini 4,90 m.

#### ➤ empennage horizontal :

Envergure.....18,62 m ;  
Hauteur totale de l'avion...15,85 m .

#### ➤ fuselage :

Longueur total.....53,67 m ;  
Diamètre intérieur.....4,72 m ;  
Hauteur de plancher cabine.....5,07 m ;  
Hauteur du plancher des soutes :  
- soute avant et arrière...3,21 m ;  
- soute crac..... maxi 3,63 m ;  
- mini 3,21 m.

#### ➤ train d'atterrissage :

Voie.....9,30 m.  
Pression de gonflage :  
- train avant..... 150 PSI ;  
- train principal.....175 PSI.

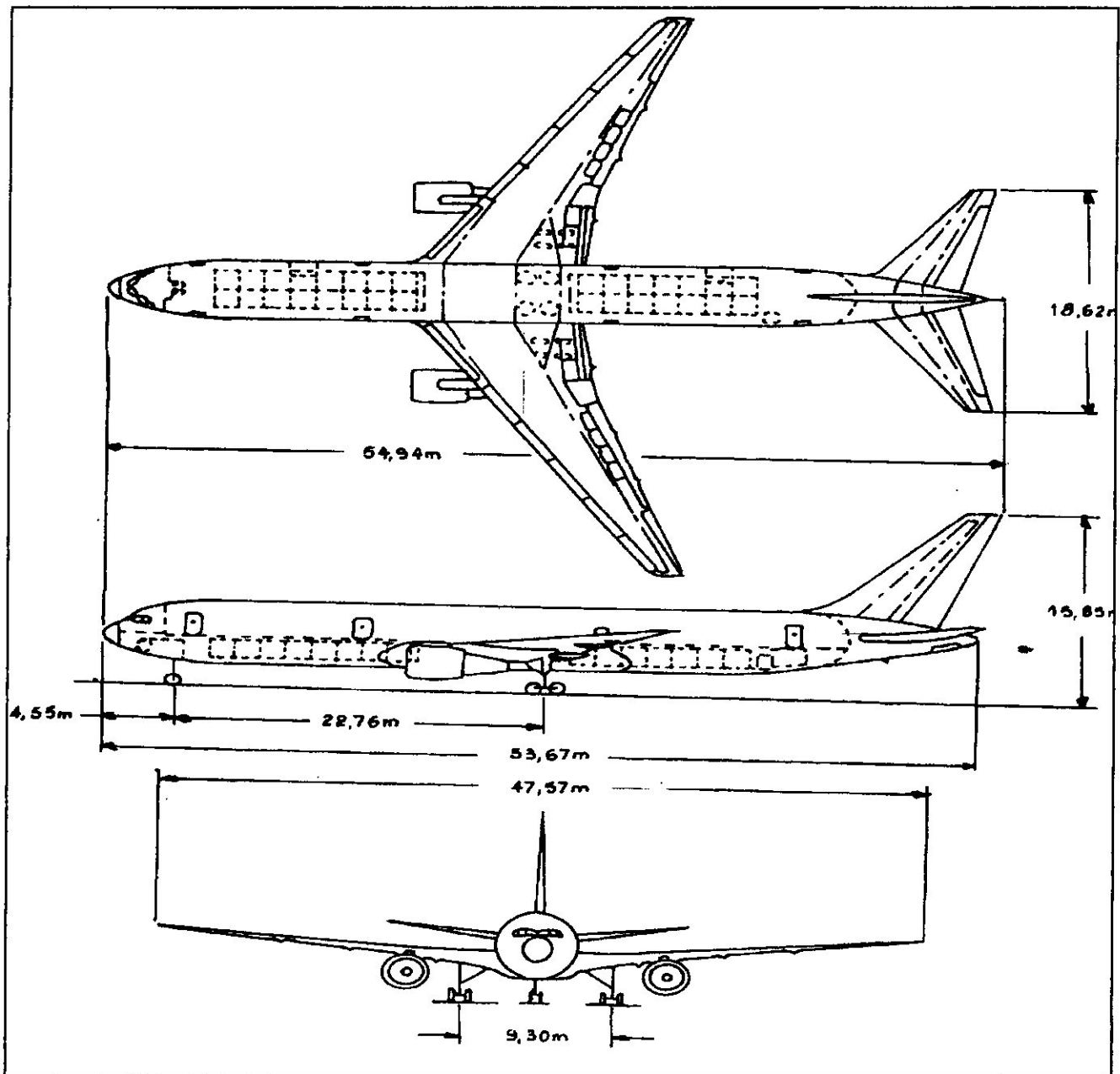


Figure I.1 : Caractéristiques générales.

➤ **capacité maximale en sièges :**

- version mixte.....24F+229Y ;
- version unique.....264Y.

➤ **moteurs :**

GENERAL ELECTRIC CF6-80C2 de poussée unitaire 23 800 kg.

➤ **réservoir carburant :**

Capacité carburant utilisable à la densité de 0,785 kg/l : 63 216 L / 49 625 kg.

Il existe 3 réservoirs :

- 2 latéraux gauche + droit.
- 1 central.

➤ **limites structurales de masse :**

Mise en route.....157 396 kg ;  
Décollage..... 156 489 kg ;  
Atterrissage.....136 077kg ;  
Sans carburant.....126 098 kg.

➤ **performances :**

Mach de croisière.....0,80;  
Altitude maxi de croisière... 43 100 ft.

**I.2.2. portes d'accès :**

Six portes permettent l'accès à la cabine passagers de dimensions 1,07 x 1,88 m à l'avant, au centre et à l'arrière, à gauche une porte passagers et à droite une porte de service.

**I.2.3. aménagements commerciaux :**

➤ **Zone avant :**

Une toilette sur le coté gauche ;  
Un ensemble galley.

➤ **Zone cabine :**

Deux galleys à l'avant ;  
Une toilette à l'avant droite ;  
Trois toilettes à l'arrière (à droite, à gauche et au centre).

➤ **Zone arrière :**

Un ensemble galley.



a) Versions d'aménagement :

La version courante est la version 24F+229Y. La version unique 264Y peut être utilisée.

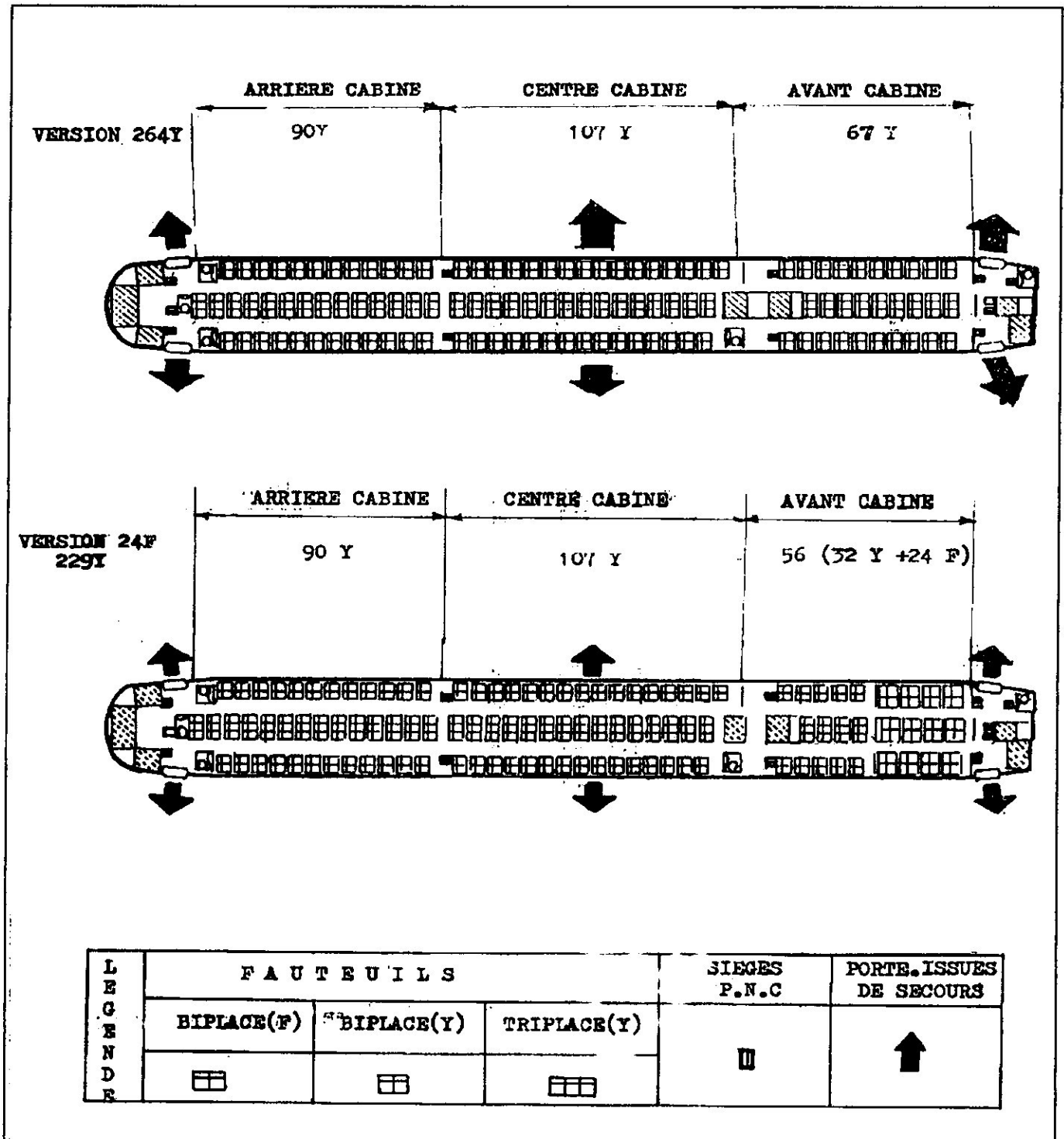


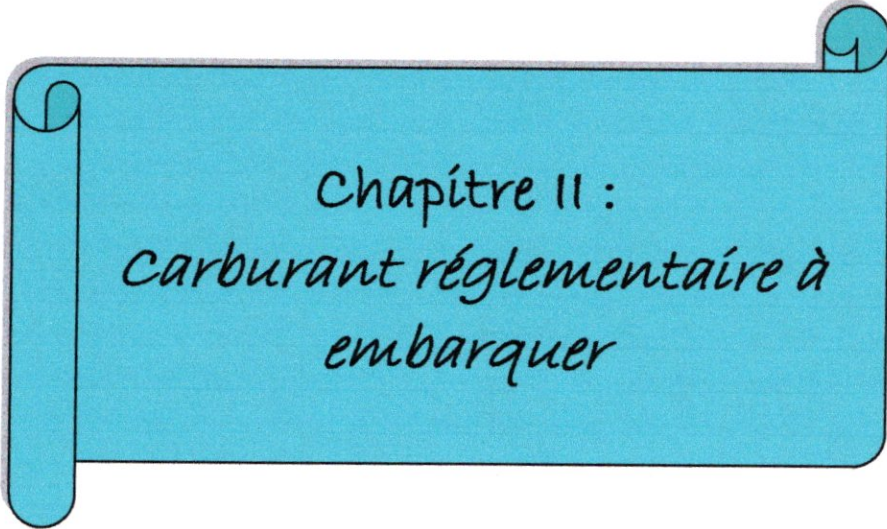
Figure I.2 : Répartition des sièges dans les zones cabine.

**b) Soute :**

Trois soutes sont prévues pour le transport du fret et des bagages. La température des soutes est maintenue entre +5°C et 10°C. Les soutes avant et arrière sont pourvues d'un système électromécanique pour charger et décharger les palettes et les conteneurs.

**c) Sièges équipages :**

- Poste de pilotage : 4 sièges PNT.
- Zone avant : 5 sièges PNC.
- Zone cabine : 4 sièges PNC.
- Zone arrière : 3 sièges PNC.



Chapitre II :  
Carburant réglementaire à  
embarquer

## II.1. Introduction :

La planification d'un vol doit reposer sur les conditions d'exploitation dans lesquelles le vol doit être effectué :

- Masses estimées ;
- Conditions météo prévues ;
- Restrictions et procédures ATC.

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

## II.2. Quantité réglementaire de carburant à embarquer (pour les turboréacteurs) :

Ces quantités sont fixées par l'arrêté du 5 novembre 1987, paragraphe 7.10 ; figurant au chapitre 3 du transport aérien.

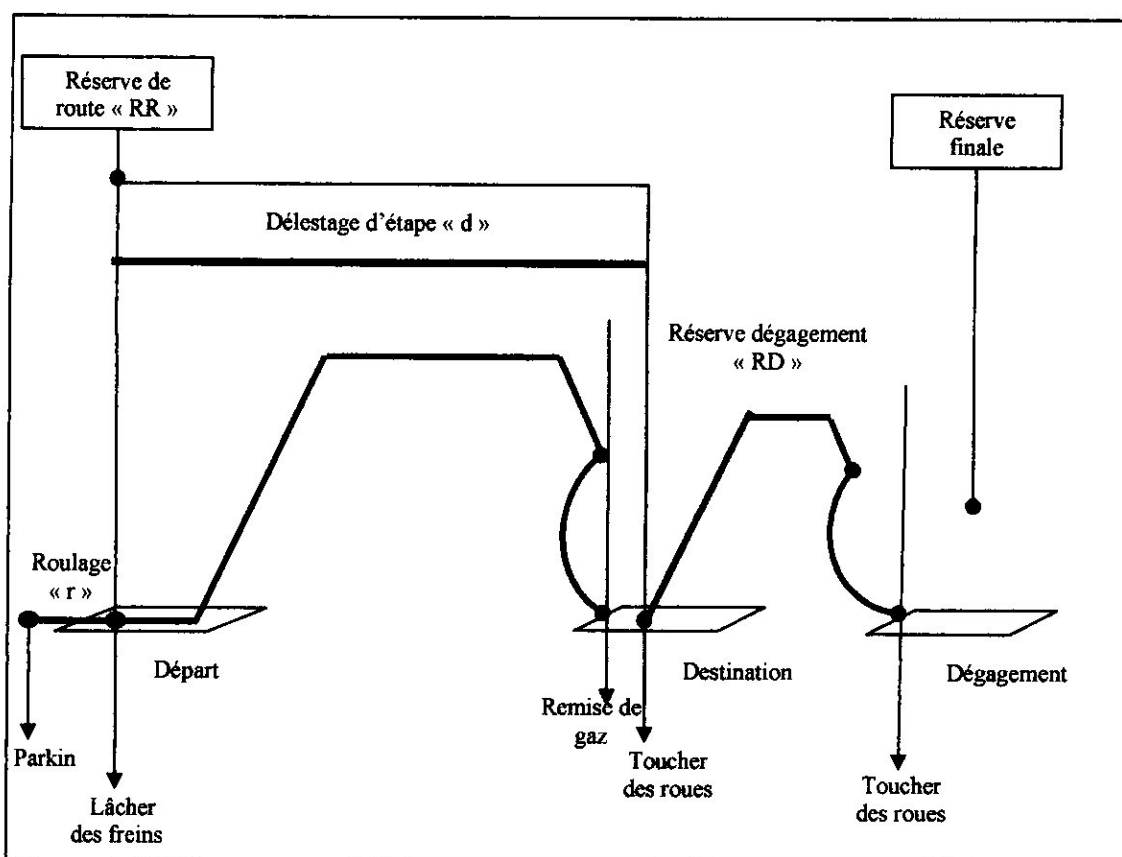


Figure II.1 : Quantité réglementaire de carburant à embarquer

La quantité de carburant au lâcher des freins (noté 'Q<sub>LF</sub>'), doit être la somme de 4 quantités suivantes :

- délestage d'étape (d) ;
- réserve de dégagement (RD) ;
- réserve de route (RR) ;
- réserve finale (RF).

La quantité nécessaire pour la mise en route et le roulage (notée r) est embarquée en supplément de la quantité au lâcher des freins.

En générale la quantité totale de carburant embarqué est :

$$Q_{\text{park}} = r + d + RR + RD + RF + \text{Add} + \text{Supp}$$

### II.2.1. Le roulage (r) :

Quantité au moins égale au carburant qu'il est prévu de consommer avant le décollage.

### II.2.2. Délestage d'étape (d) :

Consommation d'étape, carburant utilisé pour le décollage, cheminement de départ, montée, croisière (en tenant compte des éventuels changements de niveaux), descente, procédure d'arrivée, approche et atterrissage sur l'aérodrome de destination.

### II.2.3. La réserve de route (RR) :

La réserve de route devrait être la plus élevée des quantités (A) ou (B) ci-dessous ;

- (A) 5 mn de vol à la vitesse d'attente à 1500 ft en ISA au-dessus de l'aérodrome de destination.
- (B) 5 % d ou quantité soumise à conditions particulières et nécessitant éventuellement l'approbation de l'autorité. (3 cas possible)
  - 3 % d à condition qu'un aérodrome de dégagement en route doit être disponible.

- 20 mn de la consommation d'étape, à condition que l'exploitant doit avoir établi un programme de suivi de la consommation individuelle de chaque avion qui serve à calculer le carburant à emporter.
- 15 mn de vol à la vitesse d'attente à 1500 ft en ISA au dessus de l'aérodrome de destination, à condition que l'exploitant doit avoir établi un programme, approuvé par l'autorité, de suivi de carburant pour chaque combinaison avion/route qui serve à déterminer statistiquement la réserve de route pour cette combinaison.

#### **II.2.4. La réserve de dégagement (RD) :**

Destinée à couvrir la consommation depuis le début de la « REMISE de GAZ » à destination jusqu'à l'atterrissage à l'aérodrome de dégagement s'il est nécessaire d'en prévoir un. Cette quantité est fonction des conditions de vol prévues.

Cas où il n'est pas nécessaire de prévoir de terrain de dégagement, les conditions suivantes doivent être simultanément remplies :

- a) durée du vol n'excède pas trois heures ;
- b) l'aérodrome de destination comporte deux pistes utilisables par l'avion ;
- c) pendant les deux heures qui précèdent ou qui suivent l'heure prévue d'atterrissage à destination :
  - la visibilité est  $\geq 5$  km ;
  - le plafond est au moins égale à la plus élevée des deux valeurs suivantes :
    - 1500 ft au-dessus de la hauteur de décision (DH) pour une approche de précision ou de la hauteur minimale de descente (MDH) pour une approche classique ;
    - 2000 ft au-dessus de l'aérodrome.

#### **II.2.5. La réserve finale (RF) :**

Quantité de carburant nécessaire à un vol de 30 mn à la vitesse d'attente, en ISA, à 1500 ft au-dessus de l'aérodrome de dégagement, ou de l'aérodrome de destination si le dégagement n'est pas exigé.



### II.2.6. Le carburant additionnel prévu (ADD) :

- lorsqu'un aérodrome de décollage n'est pas exigé : 15 mn d'attente en ISA à 1500 ft au-dessus de l'aérodrome de destination.
- Pour tenir compte de la panne moteur ou de la panne pressurisation : la quantité embarquée doit permettre de couvrir la panne depuis le point le plus critique sur la route, rejoindre un aérodrome adéquat, attendre pendant 15 mn en ISA à 1500 ft au-dessus de cet aérodrome, et y effectuer une approche et un atterrissage.

### II.2.7. Le carburant supplémentaire (Supp) :

Le carburant supplémentaire laissé à la discrétion du commandant de bord.

### II.3. Escale technique facultative (ETF) :

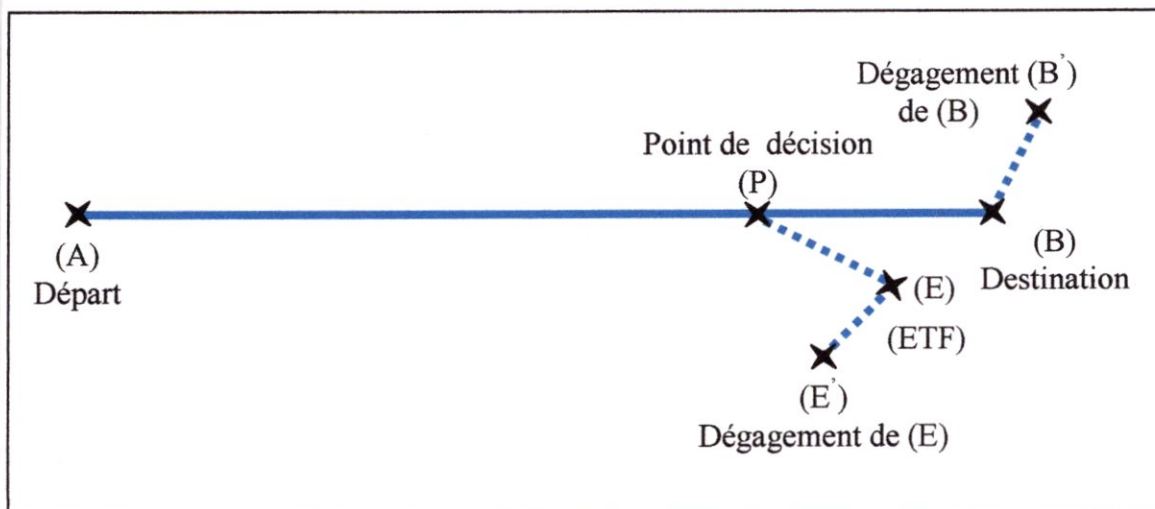


Figure II.2 : Escale technique facultative.

#### II.3.1. Intérêt de l'ETF :

La pratique de l'ETF se fait lorsqu'il y a des problèmes de charge ou de carburant. Sont donc concernées des étapes où intervient la limitation décollage ou capacités des réservoirs.

Elle permet, par diminution de la quantité de carburant à embarquer, soit d'augmenter la charge, soit pour une charge donnée d'augmenter le rayon d'action.

### II.3.2. Principe de l'ETF :

Au lieu de déposer un plan de vol sur l'étape (AB), il est déposé sur le trajet (APE) de manière à diminuer la quantité de carburant à embarquée.

Au point (P) retenu comme point de décision, le pilote fait le point sur la quantité de carburant restant à bord, alors deux possibilités s'offrent à lui.

- a) si la quantité est suffisante il demande une modification au plan de vol pour poursuivre vers (B).
- b) dans le cas contraire il se pose en (E) ETF pour se ravitailler en carburant.

### II.3.3. Conditions pour le choix de (E) :

Le terrain choisi comme ETF doit :

- a) être suffisamment près de (B) destination pour que l'avion ne soit pas limité à l'atterrissage en (E).
- b) être suffisamment près de la route (AB).

### II.3.4. Quantités de carburant à embarquer :

#### a) Sur le plan réglementaire :

Le dépôt d'un plan de vol sur le trajet (APE), fait qu'il suffit d'embarquer au départ une quantité égale à la quantité réglementaire, noté  $Q_1$ , pour effectuer ce parcours, à savoir :

$$Q_1 = r + d_{APE} + RR_{APE} + RF + RD_E'$$

Au point de décision (P), la demande de modification du plan de vol vers le terrain de destination (B) ne peut être acceptée que si la quantité de carburant restant à bord est au moins égale à la quantité réglementaire  $q$  pour effectuer le parcours (PB) à savoir :

$$q = d_{PB} + RR_{PB} + RF + RD_B'$$

**Remarque :** si sur le parcours (PB), les conditions pour ne pas retenir de terrain de dégagement sont remplies, on peut prendre  $RD_B' = 0$ .

**b) Sur le plan commercial :**


La quantité  $Q_1$  qu'il suffit d'embarquer au point (A) pour satisfaire aux exigences réglementaires peut néanmoins s'avérer insuffisante pour rejoindre presque à tout coup le terrain (B).

Aussi, pour assurer la régularité des vols les compagnies embarquent souvent une quantité  $Q_2$  telle que :

$$Q_1 \leq Q_2 \leq Q$$

$Q$  étant la quantité réglementaire pour effectuer le trajet (AB) à savoir :

$$Q = r + d_{AB} + RR_{AB} + RF + RD_B$$



Chapitre III :  
*Plan de vol exploitation*

**III.1. Généralités :**

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

- immatriculation de l'avion ;
- type et variante de l'avion ;
- date du vol ;
- identification du vol ;
- lieu de départ ;
- heure de départ (heure bloc et heure de décollage réelles) ;
- lieu d'arrivée (prévu et réel) ;
- heure d'arrivée (heure bloc et heure d'atterrissage réelles) ;
- type d'exploitation (ETOPS, VFR, vol de Convoyage, etc.) ;
- route et segments de route avec les points de report ou les points de cheminement, distances, temps et routes (\*) ;
- vitesse de croisière et durée de vol prévues entre les points de report ou les points de cheminement. Heures estimées et réelles de survol (\*) ;
- altitudes de sécurité et niveaux de vol minimums (\*) ;
- altitudes et niveaux de vols prévus (\*) ;
- calculs carburant (relevés carburant en vol) ;
- carburant à bord lors de la mise en route des moteurs ;
- dégagements et, selon le cas, déroutement au décollage et en route, y compris les données exigées en (\*) ci-dessus ;
- clairance initiale du plan de vol circulation aérienne et reclairances ultérieures ;
- calculs de replanification en vol ;
- informations météorologiques pertinentes.

Les inscriptions sur le plan de vol exploitation 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.

III.2. Description du plan de vol informatisé :

Exemple : plan de vol informatisé en utilisant le B767-300 (7TVJH) / ALGER-MARSEILLE.

PLAN 5742 DAAG TO LFML 767C M80/F IFR  
 25/06/06  
 NONSTOP COMPUTED 0937Z FOR ETD 1200Z PROGS 2500ADF VJH  
 KGS

		E.FUEL	A.FUEL	E.TME	NM	NAM	FL
DEST	LFML	005371	. . . . .	01/05	0423	0406	360
R.R.		000269	. . . . .	00/04			
ADDNL		001000	. . . . .	00/15			
ALT	LFLL	002725	. . . . .	00/30	0146	0142	180
HOLD		002071	. . . . .	00/30			
XTR		000000	. . . . .	00/00	VISA	CDB	.....
TOF		011436	. . . . .	02/23	TRK	ALGMRS-N01	
TAXI		000300	CORR.	+ / -			
BLOCK		011736	. . . . .	02/23	BLOCK	FUEL	.....

FL 360

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE:  
 KGS

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN  
 TOW:0032KGS

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	089721	. . . . .			
EPLD	036377	. . . . .			
EZFW	126098	. . . . .	ZFW . . . . .	126098 /	. . . . .
. . . .					
TOF	010436	. . . . .			
ETOW	136534	. . . . .	OTOW. . . . .	156489 /	. . . . .
. . . .					
EB/O	005371	. . . . .			
ELAW	131163	. . . . .	LAW . . . . .	136077 /	. . . . .
. . . .					

DAAG SID2 PECES UN853 LUMAS SOSU3C LFML

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

WIND P015 MXSH 2/TOD

MET /

CLEARANCE /

DAAG ELEV 0082FT

ETA 1305Z

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											

-----

BOUGA		CLB	. . . . .	020	. . . . .	. . . . .	0029	0/07	. . . . .	016
0098	. . . . .									
	083	. . . . .	. . . . .	016	019	. . . . .	0394	0/07	. . . . .	016

.....  
N37089E003243

-----

TOC		360	. . . . .	018	. . . . .	. . . . .	0069	0/09	. . . . .	014
0085	. . . . .									



010 .. ... . 014 018 ... 0325 0/16 ... 030  
 .....  
 N38144E003510

-----  
 PECEC SID2 360 -52 26134 018 P14 463 0015 0/02 ... 001  
 0083 ...  
 010 42 P04 1 014 018 477 0310 0/18 ... 031

.....  
 N38288E003570

-----  
 MHN UN853 360 -52 25634 009 P12 463 0084 0/10 ... 008  
 0075 ...  
 112.6 025 41 P04 0 004 008 475 0226 0/28 ... 039

.....  
 N39518E004130

-----  
 MEROS UN853 360 -51 25235 010 P15 464 0039 0/05 ... 004  
 0071 ...  
 025 41 P05 1 006 010 479 0187 0/33 ... 043

.....  
 N40300E004220

-----  
 CHELY UN853 360 -51 24835 010 P18 464 0035 0/04 ... 003  
 0068 ...  
 022 40 P05 0 006 010 482 0152 0/37 ... 046

.....  
 N41045E004303

-----  
 TOD UN853 360 -51 24536 010 P20 464 0019 0/03 ... 002  
 0066 ...  
 010 40 P05 2 006 010 484 0133 0/40 ... 048

.....  
 N41234E004348

-----  
 LUMAS DSC ... ..... 010 ... ... 0021 0/03 ... 001  
 0066 ...  
 010 .. ... . 006 010 ... 0112 0/43 ... 049

.....  
 N41440E004400

-----  
 SOSUR DSC ... ..... 016 ... ... 0052 0/07 ... 001  
 0064 ...  
 010 .. ... . 015 017 ... 0060 0/50 ... 050

.....



N42336E004599

-----  
 -----  
 KUBOL            DSC ... .. 017 ... .. 0034 0/06 ... 001  
 0063 ...  
           056 .. ... .        016 017 ... 0026 0/56 ... 051

.....  
 N43063E005132

-----  
 -----  
 CALAN            DSC ... .. 097 ... .. 0005 0/01 ... 000  
 0063 ...  
           056 .. ... .        100 097 ... 0021 0/57 ... 051

.....  
 N43057E005200

-----  
 -----  
 LFML            DSC ... .. 346 ... .. 0021 0/08 ... 002  
 0061 ...  
           056 .. ... .        346 346 ... 0000 1/05 ... 054

.....  
 N43262E005129

-----  
 -----  
 FIRS    LECB/1218    LFFF/1243

			MSA	TTK	DIST	TIME	ETA	FUEL
ALTERNATE - 1	LFLL	123	357	0146	0.30	1335	002725	
ALTERNATE - 2	LFMN	093	081	0088	0.21	1326	001906	

-N0377F180 MTL7B MTL

CPT	LAT	LONG	MSA	TTK	DIST
D133B	N43257	E005137	...	135	0001
D118C	N43253	E005158	056	102	0002
VENTA	N43350	E005141	056	343	0010
LOGIS	N43422	E005107	056	341	0007
SAURG	N43530	E005057	056	342	0011
MTL	N44333	E004468	116	341	0043
MTL28	N45011	E004496	082	004	0028
AMONI	N45040	E004500	072	004	0003
ROLIR	N45105	E004506	072	004	0006
LS34A	N45122	E004514	072	017	0002
ARBON	N45170	E004534	072	017	0005
LFLL	N45435	E005049	123	017	0028

(FPL-I  
-B767/H- WYX  
-DAAG1200  
-N0463F360 SID2 PECES UN853 LUMAS  
-LFML0105 LFL  
-EET/LECB0018 LFFF0043  
REG/7T-VJH SEL/JQAB  
-E/0223 P/ R/ S/MD J/LF D/ C  
A/RED/GREEN/WHITE)

END OF JEPPESEN DATAPLAN

### **III.2.1. Première partie du plan de vol :**

- Numéro du plan de vol, aéroport de départ, aéroport d'arrivée, type d'avion, règle de vol et date de calcul.
- Heure de calcul, heure estimée de départ, référence du programme météorologique, immatriculation avion et l'unité utilisée.
- City pair (le couple aéroport départ/destination) et la date du vol
- Numéro de vol, jour du vol, aéroport de départ, aéroport de destination, distance air, type d'optimisation (Fuel, time, cost), route de la compagnie, vent moyen et température moyenne.
- Partie Carburant:
  - Colonne 1: Lines labels: délestage, réserves de route, réserves de dégagement, attente, carburant au décollage, Carburant au roulage et block fuel. Le facteur de performances de cet avion est utilise pour le calcul du carburant.
  - Colonne 2: carburant estimé
  - Colonne 3: vide pour les corrections du commandant
  - Colonne 4: Heure estimée
  - Colonne 5: distance sol départ/arrivée et arrivée/dégagement.
  - Colonne 6: distance air départ/arrivée et arrivée/dégagement.
  - Colonne 7: Niveau de vol départ/arrivée et arrivée/dégagement.
- Ajustement de la consommation carburant en cas de changement de poids ou de latitude.

- partie masses :
  - Colonne 1: Lines label: masse de base de l'avion, Charge offerte estimée, ZFW estimé, carburant au décollage, TOW estimé, consommation carburant estimée, masse à l'atterrissage estimée.
  - Colonne 2: masses estimées par calcul.
  - Colonne 3: Vide pour les corrections du commandant de bord.
  - Colonne 4: Masses Structurales.
  - Colonne 5: Raisons des limites opérationnelles remplis par le commandant si nécessaire.
  
- Copie de la route figurant dans le plan de vol ATC.
  
- carburant et temps reportés par le pilote

**III.2.2. Deuxième partie du plan de vol :**

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

ABREVIATIONS	DESIGNATION	SIGNIFICATION
WPT	Waypoint	Point de cheminement
FL	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	Consommation carburant

	Off	cumulée réelle
EFOB	Estimated Fuel On Board	Carburant à bord estimé
E.WT	Estimated aircraft Weight	Poids avion estimé
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

### **III.3. Les données avion :**

A chaque matricule avion correspond un enregistrement qui contient ses caractéristiques principales :

- Type avion - type moteur
- Masse de base - Limitations structurales
- Profils de montée, croisière, descente et attente.

### **III.4. Etablissement du JETPLAN :**

#### **III.4.1. 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 :

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

#### **III.4.2. 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.

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.

### **III.4.3. Préparation du vol avec JETPLAN :**

#### **a) Règles générales :**

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...)

#### **b) Choix du dégagement :**

Lors de la préparation du vol, l'aérodrome le plus proche accessible est retenu sauf cas particuliers.

### **III.4.4. Validité du JETPLAN :**

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

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

### **III.4.5. Contrôle du JETPLAN :**

#### **a) Par l'escale**

L'escale doit s'assurer que le JETPLAN est conforme :

- à la demande qui a été faite
- au plan de vol ATC

Dans le cas contraire, l'escale doit informer le service JETPLAN par message SITATEX à l'adresse ALGOWAH en précision la nouvelle route ATC déposée pour qu'un nouveau plan de vol JETPLAN soit envoyé.

b) Par l'équipage

Il est nécessaire que l'équipage vérifie et signe le plan de vol.

Dans tous les cas, l'équipage peut demander qu'un nouveau plan de vol JETPLAN soit établi.

**III.4.6. Utilisation du document JETPLAN :**

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
- Heure de passage réelles au moins une fois par heure.

**III.5. Codes et abréviations :**

	<b>A</b>		<b>D</b>
A FUEL	: Actual Fuel	DEV	: Température
AFR	: Actuel Fuel		Deviation from ISA
	Remaining	DEST	: Destination
ALT	: Alternate	DST	: Distance
ATA	: Actual Time of	DSTR	: Distance remaining
	Arrival	<b>E</b>	
AW/TRK	: Air WAY / Track	EB/O	: Estimated Burn Off
AWY	: Air Way	EFR	: Estimated Fuel
	<b>B</b>		Remaining
BASIC	: Basic Operating	ELAW	: Estimated Landing
	Weight		Weight
B/O	: Burn - Off	ELEV	: Elevation
	<b>C</b>	EPLD	: Estimated Payload
CFU	: Cmulative Fuel Used	ETA	: Estimated Time of
CLI	: Climb		Arrival
COMP	: Wind Component	ETD	: Estimated Time of
CT	: Cumulative Time		Departure

ETME	: Estimated Time		<b>S</b>
ETOW	: Estimated Take-Off Weight	S	: Wind Shear Component
ETP	: Erual Time Point		<b>T</b>
EZFW	: Estimated Zero Fuel Weight	TAS	: True Air Speed
	<b>F</b>	TCS	: True Course
FL	: Flight Level	TME	: Time
FOB	: Fuel On Board	TOC	: Top Of Climb
FREQ	: Radio Frequency	TOD	: Top Of Decent
	<b>G</b>	TP	: Tropopause
G/S	: Ground Speed		<b>V</b>
	<b>K</b>	VAR	: Magnetic Variation
KGS	: Kilos		<b>W</b>
KTS	: Knots	WIND	: Wind Direction and Velocity
	<b>L</b>	WPT	: Way Point
LBS	: Pounds	WT	: Weght
LRC	: Long Range Cruise		<b>X</b>
M		XTR	: Extra Fuel
M	: Minus		<b>Z</b>
M	: Mach	ZDST	: Zone Distance
MCS	: Magnetic Course	ZFU	: Zone Fuel
MET	: Meterological Information	ZT	: Zone Time
MM	: Magnetic Heading		
MLDW	: Maximum Landing Weight		
MORA	: Minimum Off-Route Altitude		
MXSH	: Maximum Wind Shear		
MZFW	: Maximum Zero Fuel Weight		
	<b>N</b>		
NM	: Nautical Mile		
NAM	: Nautical Air Mile		
	<b>O</b>		
O	: Outside Air Température		
	<b>P</b>		
P	: Plus		
PROGS	: Weather Prognosis		



A blue scroll-shaped graphic with a black outline, featuring a rolled-up top edge and a vertical strip on the left side. The text is centered within the scroll.

Chapitre IV :  
*Procédures prés vol*

## **IV.1. Optimisation d'un itinéraire :**

### **IV.1.1. Introduction :**

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

### **IV.1.2. 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 possibilités d'itinéraire à chacun correspond un coût lié à la taxes de survol.

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

Le choix de la route optimale est en fonction de différents critères (la route la plus directe, niveau de vol optimal,...etc.), les impératifs du contrôle et notamment les possibilités de créneau horaires, qui peuvent être différents suivant la route choisie et l'aérodrome de départ ou de destination, déterminent une ou plusieurs routes alternatives.

**Exemple :** pour l'étape de Alger-Djeddah existent deux routes différentes définies dans la carte ci-dessous :

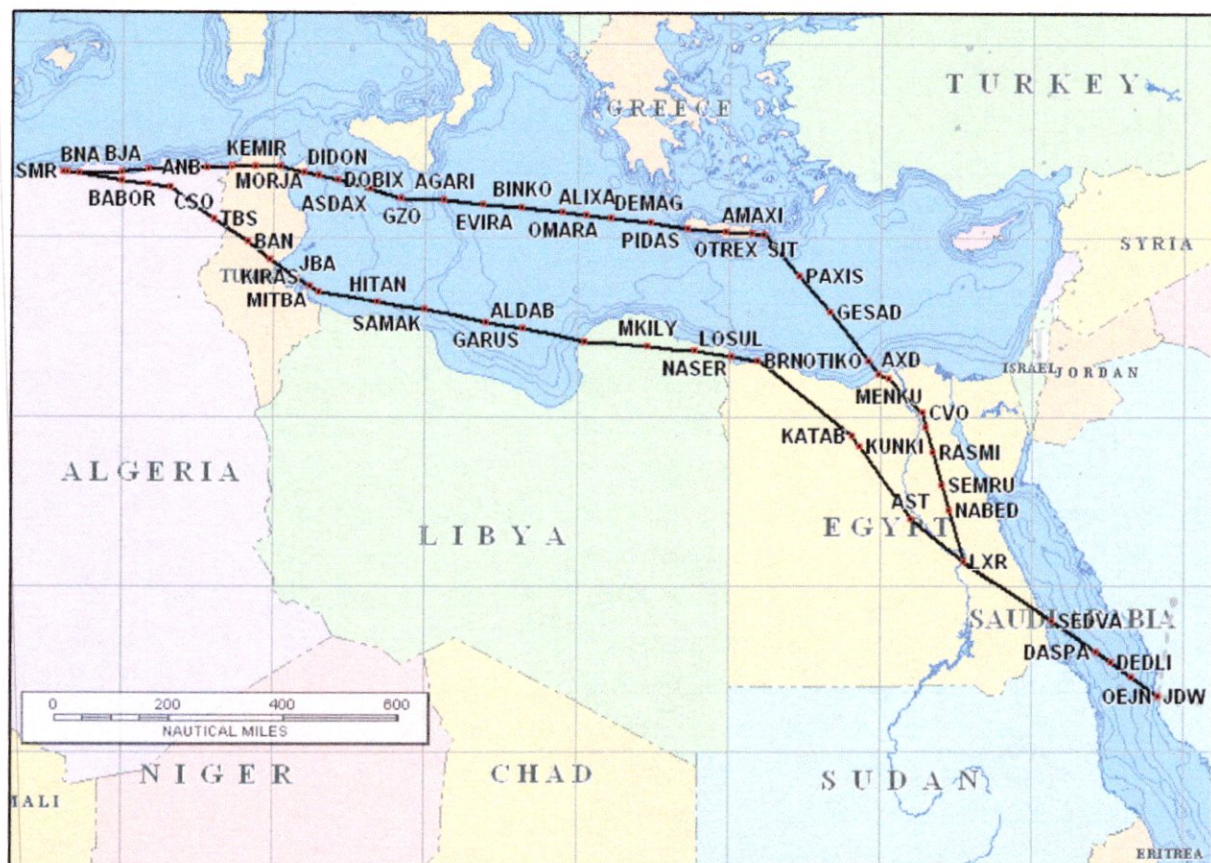


Figure IV.1 : Choix de route.

Route (1) :

DAAG UA411 MORJA UM978 SIT UL607 PAXIS UL607 AXD A727 LXR UM999 OEJN

Route (2) :

DAAG SID4 BABOR UA31 TBS UA856 JBA A411 TANLI UZ250 GARUS A411 BRN A451 LXR R775 JDW.. OEJN

Le tableau suivant représente la distance, la consommation de carburant et le temps de vol pour les deux routes :

Route	Niveau De vol	Vent (KT)	Distance (NM)		Consommation (kg)	Temps (h : mn)
			Air	Sol		
(1)	330	20	2140	2221	31098	06 :10
(2)	330	26	2049	2154	30245	05 :58

D'après la distance, la consommation de carburant et le temps de vol calculés ci-dessus la route optimale est la route (2).

### **IV.1.3 Conclusion :**

Lors de la préparation d'un vol, le choix de la route optimale n'est pas arbitraire. En effet, on doit prendre en compte les critères suivants :

- Les données météorologiques à jour (les plus récents).
- Le choix de la vitesse (mach constant, LRC) dans un souci de réaliser une économie de carburant et de minimiser le temps de vol.
- Les taxes de survol.
- Le survol des zones réglementées et interdites.

**IV.2. Le roulage :****IV.2.1. Introduction :**

La réduction de la consommation de carburant pendant la phase de roulage peut être bénéfique sur le plan économique de la compagnie. Étant donné que la consommation horaire d'un B767-300 en roulant au sol est de 20 kg/mn.

En condition optimale, les vitesses recommandées de roulage devraient être autour de 10 kt cependant une accélération à 30 kt est acceptable.

Le roulage au sol s'effectue avec un nombre réduit de moteur ou avec des moteurs fonctionnant à poussée réduite. Par exemple, cas d'un bimoteur un seul moteur est suffisant pour le roulage car la consommation du carburant avec tous les moteurs en marche au sol égale approximativement 25% de la puissance de croisière. Cette procédure doit être considérée soigneusement et les opérateurs doivent définir leur champ d'application.

A des aéroports de basse densité, il peut y avoir un choix de piste de départ. Le choix de la piste la plus proche est préférable pour économiser quelques minutes et mètres en temps et distance de roulage du parking jusqu'au point de lâcher des freins. Car strictement basé sur la consommation de carburant, on peut économiser pour chaque 4 minutes au sol 1 minute de vol en croisière.

**IV.2.2. Application :**

Le tableau suivant donne le temps et la consommation de carburant de roulage pour des différentes étapes :



Etapes	Temps de roulage OUT-OFF (MN)	Temps de roulage IN-ON (MN)	Temps de roulage Total (MN)	Consommation (KG)
ALG-CAI	11	9	20	400
ALG-CMN	9	6	15	300
ALG-CZL	7	5	12	240
ALG-HME	10	6	16	320
ALG-LYS	10	6	16	320
ALG-MRS	9	6	15	300
ALG-ORN	9	9	18	360
CZL-MRS	8	6	14	280
CZL-ORY	8	7	15	300
ORN-MRS	11	7	18	360
ORN-LYS	11	7	18	360
ORY-ORN	11	6	17	340
<b>Moyenne</b>	/	/	<b>16.16</b>	<b>324</b>

### IV.2.3. Conclusion :

Le temps de roulage moyen se différencie selon le type d'aérodrome, à titre d'exemple :

- Aéroport d'Alger 12 mn ;
- Aéroport d'Oran 11 mn ;
- Aéroport de Constantine 8 mn.

Le temps de roulage réel calculé par le système ACARS est 16.16 mn qui correspond à une consommation de 324 KG. Par contre, le temps de roulage calculé dans les plans de vol est 15 mn équivalent à une consommation de 300 KG.

Donc la quantité de carburant calculée dans les plans de vol pour le roulage est mal estimée.

**IV.3. Auxiliary power unit (APU):****IV.3.1. Introduction :**

L'avion peut être alimenté au sol en énergie électrique et pneumatique indépendamment du fonctionnement des réacteurs :

- soit par l'APU ;
- Soit par des groupes de parc.

**IV.3.2. Définition de l'APU :**

Générateur auxiliaire de bord, est un générateur relativement petit, situé dans le cône de queue de l'avion. Utilisé dans l'avion pour mettre en marche les moteurs principaux, habituellement avec de l'air comprimé, et pour fournir le courant électrique et la climatisation. On utilise l'APU à la place du prélèvement d'air réacteur, afin de ne pas affecter les performances moteur au décollage.

- 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 ;

**IV.3.3. La consommation de l'APU :**

Du carburant peut être conservé en réduisant au minimum le temps d'utilisation de l'APU. La consommation horaire de l'APU d'un **B767-300** au sol dans les opérations normales est de 115 kg/h.

Le tableau suivant montre la consommation de l'APU en fonction du temps d'un **B767-300**.

Temps (mn)	10	20	30
Consommation de l'APU (kg)	19.166	38.333	57.500

Donc pour un **B767-300** avec une fréquence annuelle égale à 1824, une minute supplémentaire d'utilisation de l'APU par vol avec une consommation horaire au sol de 115 kg/h signifie 3496 kg consommé par an par avion, ceci augmentera également les coûts d'entretien.

L'utilisation de l'APU en vol, augmente la consommation horaire selon le tableau suivant pour un **B767-300**, cette augmentation inclue la consommation horaire de l'APU et l'effet d'augmentation de la traînée due à la porte de l'APU.

PRESSURE ALTITUDE (1000 FT)	APU FUEL FLOW PENALTY (KG/H)					
	GROSS WEIGHT (1000 KG)					
	190	170	150	130	110	90
43					60	55
39				65	60	60
35		75	70	70	65	65
31	75	75	75	75	70	65
27	85	80	80	75	75	70
25	85	85	85	80	75	70
20	95	90	90	85	80	75
15	105	105	95	95	90	85
10	115	115	105	105	100	95
5	125	125	120	115	110	105

#### IV.3.4. Le groupe de parc:

Pour l'alimentation électrique le groupe de parc fournit les tensions désirées par exemple :

- 28 V continu ;
- 115 V/ 400 Hz alternatif.

Le groupe pneumatique peut être un moteur diesel entraînant un compresseur centrifuge fournit l'énergie pneumatique nécessaire pour le démarrage des réacteurs.



#### **IV.3.5. Conclusion :**

Deux choix s'imposent pour fournir l'énergie électrique et pneumatique d'un avion :

- l'utilisation de l'APU ;
- groupe de parc.

Ce dernier choix dépend de plusieurs paramètres, à titre d'exemple coût d'utilisation de groupe de parc, d'où la nécessité de déterminer les avantages de chaque aéroport et étape.

La consommation de carburant de l'APU est insignifiante par rapport à celle nécessaire à l'étape. Néanmoins les compagnies aériennes doivent prendre en considération, l'adoption de procédures spécifiques opérationnelles en vue d'aider à économiser le carburant et des frais supplémentaires.

Il est préférable d'utiliser les groupes de parc car leur maintenance n'est pas coûteuse et en cas d'escale leur utilisation réduit la consommation de carburant de l'avion. S'agissant de vol de nuit ces équipements peuvent être non disponible d'où le recours à l'APU.

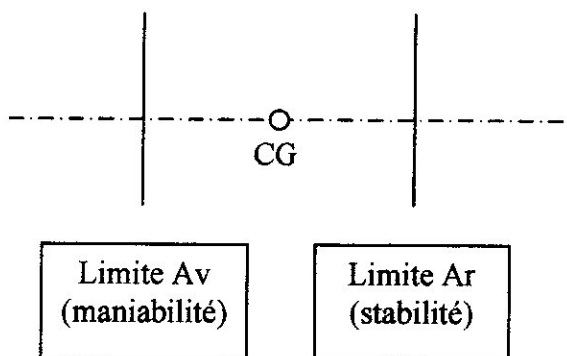
## IV.4. Position de centre de gravité

### IV.4.1. Introduction :

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.

Pour qu'un avion décolle, effectue le vol et atterrisse dans les conditions optimales de performances, de manœuvrabilité et de sécurité, son centre de gravité doit se trouver dans une certaine section de son axe longitudinal.

La structure de l'avion détermine la position de son centre de gravité à vide. Cette position se déplace le long de l'axe longitudinal de l'avion, de l'avant vers l'arrière ou de l'arrière vers l'avant, sous l'effet des charges que l'on met à bord. La répartition de ces charges doit être faite de telle manière que la position du centre de gravité qui en résulte se trouve dans la plage admissible désignée par le constructeur qui porte le nom de « l'enveloppe du centre de gravité »



#### IV.4.2. Influence du centrage sur la consommation carburant :

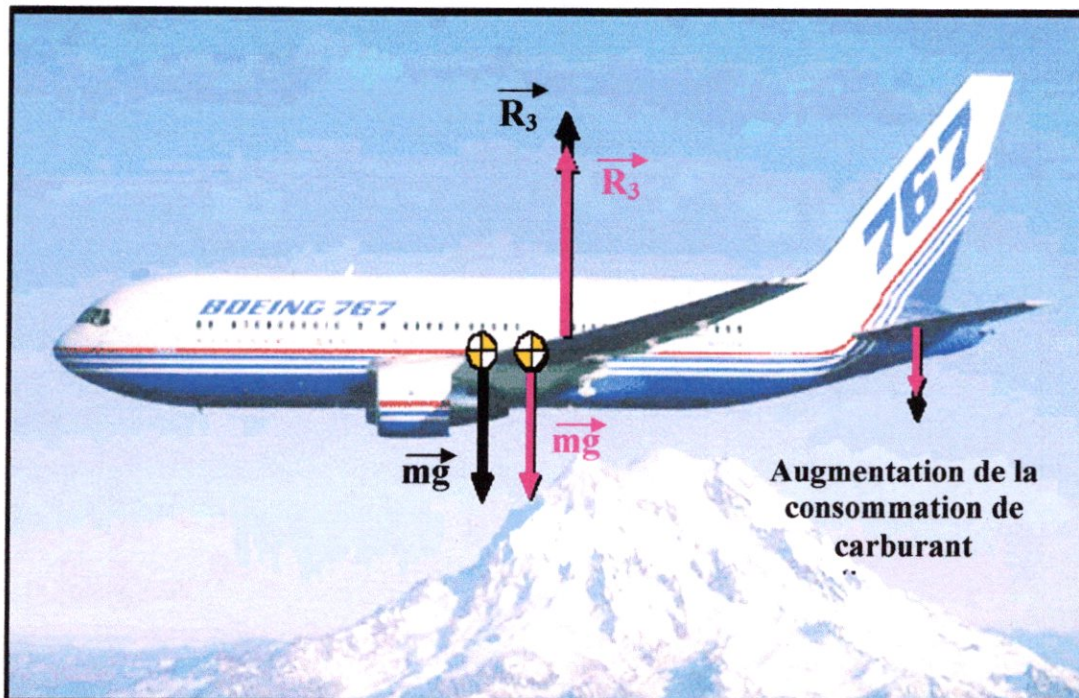


Figure IV.2 : Influence du centrage sur la consommation de carburant

Le centre de gravité (CDG) est en général en avant du centre de poussée (le centre de poussée est la limite arrière du centrage). Dans cette configuration l'empennage arrière est en général déporteur, par conséquent, le couple piqueur créé par un déplacement vers l'avant du centre de gravité oblige à rendre l'empennage plus déporteur.

D'où la création d'une traînée supplémentaire ayant une influence néfaste sur la consommation de carburant.

#### IV.4.3. Conclusion

Il est préférable d'avoir un centrage arrière, car une variation vers l'arrière de la position de centre de gravité réduit la consommation de carburant. Une des solutions pour optimiser la position du centre de gravité est de prévoir un système de transfert de carburant (transfert au réservoir de compensation).

## IV.5. Transport de carburant :

### IV.5.1. Introduction :

La consommation de carburant est fonction de la masse avion. Par conséquent il faut éviter les surcharges au décollage qui entraîneraient une augmentation de carburant sur une étape donnée.

Cependant il peut être intéressant d'embarquer du carburant supplémentaire lorsque les prix, entre les aérodromes de départ et de destination, sont très différents.

La perte due à l'augmentation de la consommation peut être largement compensée par le gain réalisé sur la quantité achetée au terrain de destination, à condition, que cela n'affecte pas la charge à transporter.

### IV.5.2. 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.

$$K = \frac{\Delta MD}{\Delta MA}$$

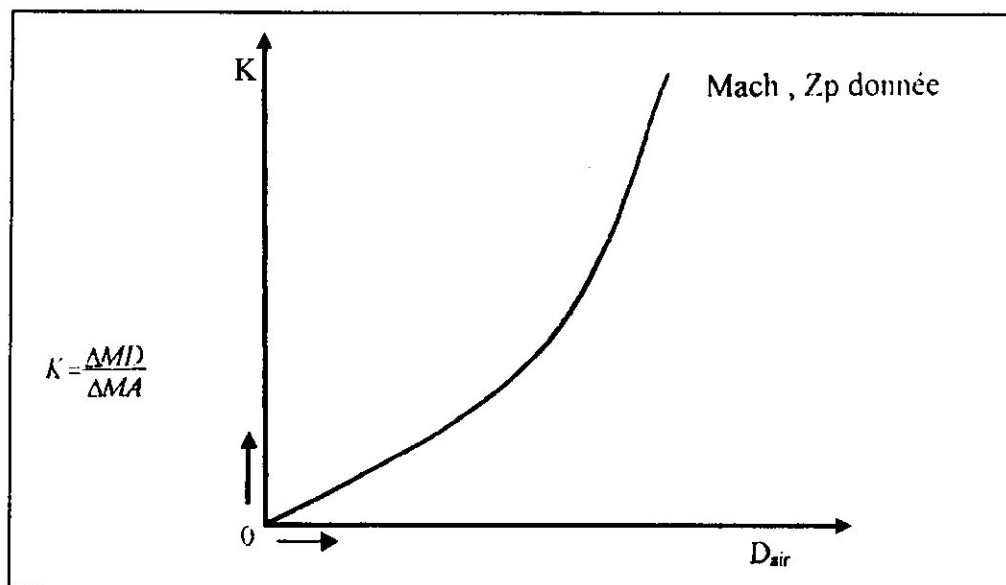


Figure IV.3 : coefficient de transport.

Autrement dit, l'addition d'une tonne à la masse d'atterrissage, représente une addition de K tonnes à la masse au décollage.

Par exemple, si  $K=1.25$  et 1250 kilogrammes de carburant est ajouté au départ, 1000 kilogrammes de cette quantité de carburant demeureront à la destination. Porter ainsi une tonne de carburant coûte 300 kilogrammes de carburant en plus.

### IV.5.3. Principe de calcul du gain ou perte :

Le coût supplémentaire du carburant chargé au départ est :  
Prix de carburant de départ X poids carburant

$$\Delta MD \times P_d = \Delta MA \times K \times P_d$$

L'économie de coût du carburant transporté est :  
Carburant transporté X prix d'arrivée du carburant

$$\Delta MA \times P_a$$

Le coût dû à l'augmentation du temps de vol est :  
L'augmentation du temps de vol X coût par heure

$$\Delta T \times C_h$$

Il est profitable de transporter le carburant supplémentaire si le coût carburant à l'arrivée excède le coût du carburant supplémentaire au départ plus le coût horaire.

$$(\Delta MA \times P_a) > (\Delta MA \times K \times P_d) + (\Delta T \times C_h)$$

C'est-à-dire :

$$\Delta MA (P_a - K \times P_d) - (\Delta T \times C_h) > 0$$

➤ Cas du vol à mach constant :

Dans ce cas,  $\Delta T = 0$  donc pour un vol à mach constant on a :

$$\frac{P_a}{P_d} > K$$

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

Par contre, pour de longues étapes la différence de prix devra être très importante.

➤ Cas de vol au long range ou mach économique :

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

#### **IV.5.4. Limitation de transport de carburant :**

La quantité de carburant transporté est limité par :

- Capacité réservoirs ;
- La masse maxi de décollage ;
- La masse maxi d'atterrissage.

#### **IV.5.5. 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.

#### **IV.5.6. Effet de surcharge :**

Le poids supplémentaire portant à bord aura comme conséquence une surconsommation de carburant. La réduction de 454 kg de la masse sans carburant d'un B767-300 représente une conservation de carburant de 0.3 % de celui nécessaire pour l'étape.



Le tableau suivant présente la correction de la consommation de carburant en ajoutant/enlevant 1000 kg à/de la masse de décollage.

Étapes	Vent	Niveau de vol	Masse de décollage	Correction de La consommation
ALG/JED	+ 51	370	141270	128
ALG/ORY	- 4	360	129203	45
ALG/CDG	- 3	360	129977	47
ALG/MRS	+ 3	360	124738	21

Les éléments à prendre en considération lors de la réduction de la masse sans carburant sont :

- Article de service de passagers;
- Articles de divertissement de passagers;
- Conteneurs vides de cargaison et de bagages;
- Équipement inutile de secours;
- L'eau potable excessive.

#### **IV.5.7. Application sur le « B767-300 » :**

Dans le FPPM, des diagrammes de transport de carburant sont donnés pour LRC / mach 0,80 programmes de croisière. Quand un écart des prix de carburant existe entre deux stations, ces diagrammes peuvent être employés à déterminer si du carburant peut être économiquement transporté pour une étape donnée.

Les diagrammes de transport de carburant présentent la consommation en pourcentage du carburant transporté pour une étape à une distance et altitude données.

Cette valeur représente la surconsommation pour effectuer le vol à la même altitude avec un poids plus élevé résultant du transport de carburant additionnel.

Ces diagrammes devraient être utilisés seulement en cas où le transport de carburant n'affecte pas sur l'altitude dans le cas contraire la surconsommation peut être calculée en comparant le vol à différents poids et altitudes.

Le diagramme d'écart de prix de carburant présente le prix de carburant d'arrivée exigé pour avoir un gain en fonction de la surconsommation et le prix de carburant de départ.

Pour que le transport de carburant soit rentable, il faut que le prix de carburant d'arrivée soit plus élevé que celui exigé.

Ces diagrammes sont montrés ci-dessous.



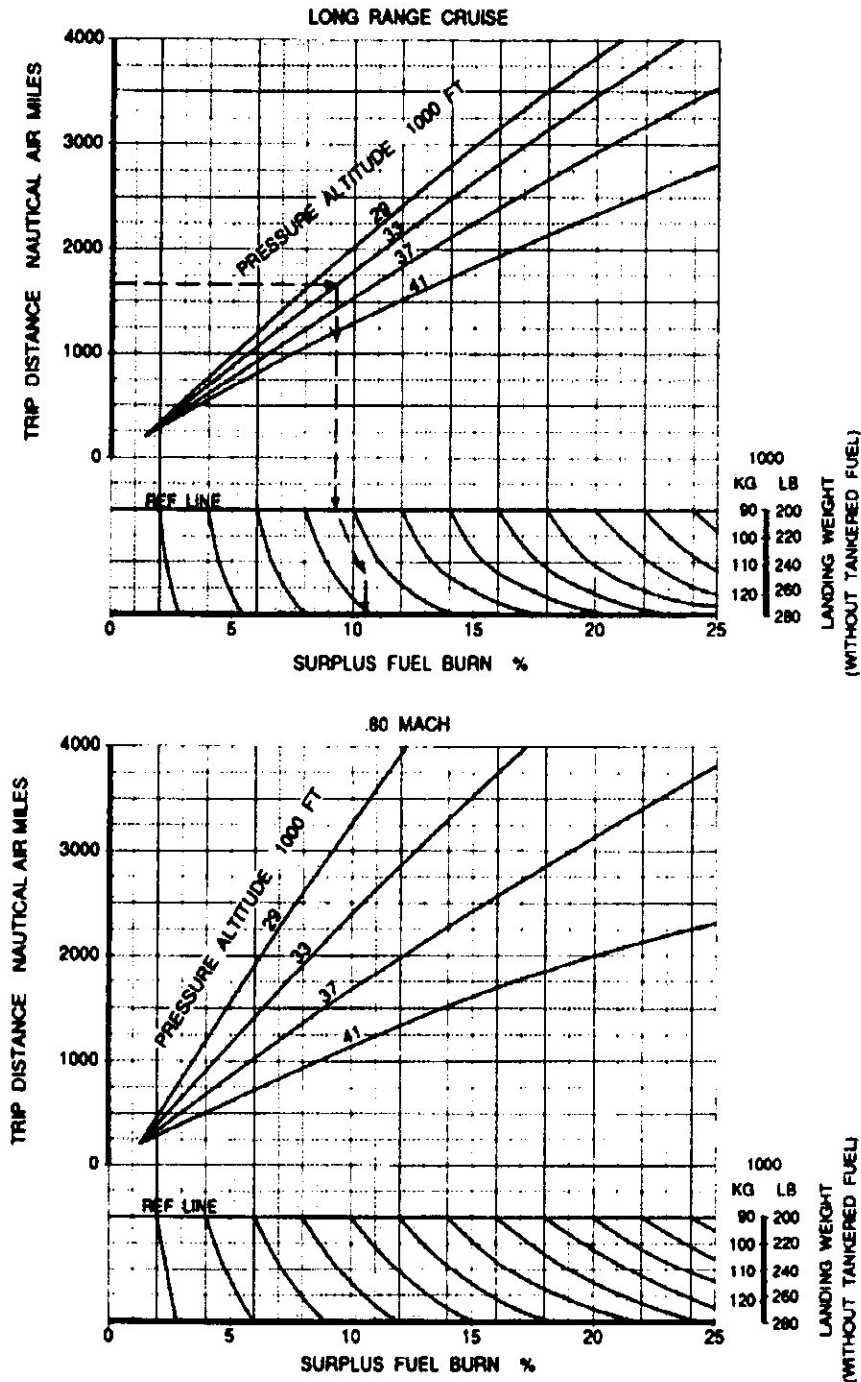
767-300 CF6-30C2B2F  
FAA  
Category C & D Brake:



FLIGHT PLANNING  
Simplified Flight Planning

Flight Planning and Performance Manual

Fuel Tankering  
LRC/.80M



Copyright © The Boeing Company. See title page for details.

August 14, 2002

D632T003-VV616

2.2.9

Figure IV.4 : transport de carburant LRC/.80M.

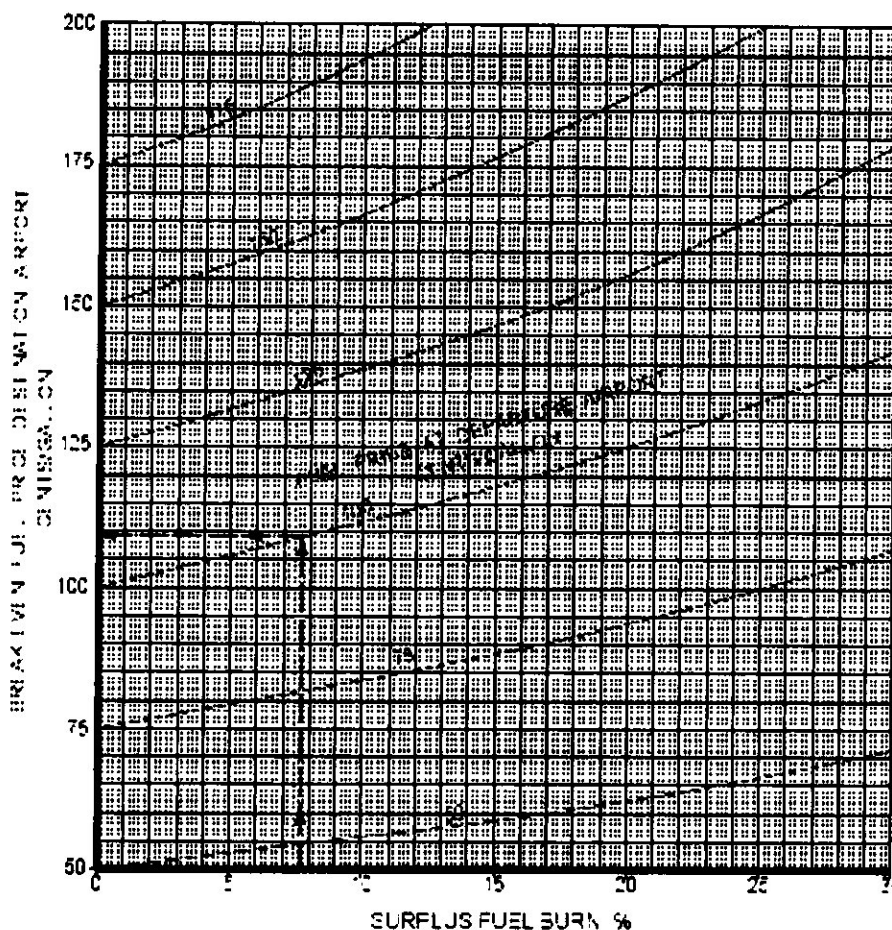
FLIGHT PLANNING  
Simplified Flight Planning



Flight Planning and Performance Manual

767-300 CF6-50C151F  
FAA  
Category C & D Brake

Fuel Tankering  
Fuel Price Differential



2.2.10

D632T003-VV646

August 14, 2002

Figure IV.5 : Ecart de prix

**Exemple figure IV.4:**Données :

Distance air = 2000 NAM  
Altitude pression = 37000 FT  
Masse d'atterrissage = 120 T

Résultats :

Surconsommation = 16.5 %

**Exemple figure IV.5:**Données :

Surconsommation = 16.5 %  
Prix de départ = 188.4 cents/gallon

Résultats :

Prix de carburant exigé = 206 cents/gallon

Si le prix d'arrivée à l'aéroport de destination est **supérieur** au prix de carburant exigé, on a un **GAIN**.

Si le prix d'arrivée à l'aéroport de destination est **inférieur** au prix de carburant exigé, on a une **PERTE**.

On a élaboré une étude de transport de carburant sur un **B767-300** afin de prévoir si ce dernier est rentable ou non, avec les prix de carburant du mois de mars 2006.

Les tableaux suivants présentent le transport de carburant à mach LRC.

Etapas	Distances Air (NM)	FL	Masse D'atterrissage (KG)	Prix de Départ Cent/gallon	Prix D'arrivée Exigé Cent/gallon	Surconsommation (%)
ALG-JED	1960	370	120903	188.4	206	16.5 %
ALG-AMM	1785	370	119189	188.4	203	14.5%
ALG-BAY	1500	370	121163	188.4	201	12%
AAE-ORY	779	390	119755	188.4	194	6.6%
ORN-JED	2125	370	120933	188.4	207	17.2%
ALG-ORY	768	360	120673	188.4	193	5.6%
ALG-CDG	806	360	121067	188.4	193.5	6.2%
ALG-MRS	418	360	119576	188.4	191	3.4%
ALG-LHR	974	360	119792	188.4	195	7.2%
ALG-LYS	548	360	119150	188.4	192	4.6%
ORN-ORY	864	360	120131	188.4	195.5	6.8%

Etapas	Prix D'arrivée Cent/gallon	Prix D'arrivée Exigé Cent/gallon	Gain ou perte
ALG-JED	213.2	206	<b>GAIN</b>
ALG-AMM	195	203	<b>PERTE</b>
ALG-BAY	214.5	201	<b>GAIN</b>
AAE-ORY	196.3	194	<b>GAIN</b>
ORN-JED	213.2	207	<b>GAIN</b>
ALG-ORY	196.3	193	<b>GAIN</b>
ALG-CDG	196.3	193.5	<b>GAIN</b>
ALG-MRS	203.9	191	<b>GAIN</b>
ALG-LHR	194.5	195	<b>PERTE</b>
ALG-LYS	209.3	192	<b>GAIN</b>
ORN-ORY	196.3	195.5	<b>GAIN</b>



Les tableaux suivants présentent le transport de carburant à mach 0,80.

Etapes	Distances Air (NM)	FL	Masse D'atterrissage (KG)	Prix de Départ Cent/gallon	Prix D'arrivée Exigé Cent/gallon	Surconsommation (%)
ALG-JED	1960	370	120903	188.4	205	15.8
ALG-AMM	1785	370	119189	188.4	203	14.6
ALG-BAY	1500	370	121163	188.4	200	11.6
AAE-ORY	779	390	119755	188.4	196	7.2
ORN-JED	2125	370	120933	188.4	207	17.6
ALG-ORY	768	360	120673	188.4	194	5.4
ALG-CDG	806	360	121067	188.4	194.5	6.2
ALG-MRS	418	360	119576	188.4	191	3.2
ALG-LHR	974	360	119792	188.4	195	6.8
ALG-LYS	548	360	119150	188.4	192	4.2
ORN-ORY	864	360	120131	188.4	194.8	6.6

Etapes	Prix D'arrivée Cent/gallon	Prix D'arrivée Exigé Cent/gallon	Gain ou perte
ALG-JED	213.2	205	<b>GAIN</b>
ALG-AMM	195	203	<b>PERTE</b>
ALG-BAY	214.5	200	<b>GAIN</b>
AAE-ORY	196.3	196	<b>GAIN</b>
ORN-JED	213.2	207	<b>GAIN</b>
ALG-ORY	196.3	194	<b>GAIN</b>
ALG-CDG	196.3	194.5	<b>GAIN</b>
ALG-MRS	203.9	191	<b>GAIN</b>
ALG-LHR	194.5	195	<b>PERTE</b>
ALG-LYS	209.3	192	<b>GAIN</b>
ORN-ORY	196.3	194.8	<b>GAIN</b>

La rentabilité en matière de transport de carburant calculée dans les plans de vols techniques pour des différentes étapes est comme suit :

➤ **ALGER-MARSEILLE :**

	DAAG	LFML
Fuel price	0.57	0.60
Fuel unit	LTR	LTR
Fuel currency	USD	USD
Price / KG (USD)	0.7100	0.7473
Cost Comparaison :		
Tanker extra	6341	6341
Transport	172	0
Total fuel	6513	6341
Fuel cost (USD)	4624	4739
	Saving = 115 USD	
	Saving = 18 USD/TONNE	

➤ **ALGER-PARIS (CDG) :**

	DAAG	LFPG
Fuel price	0.57	0.58
Fuel unit	LTR	LTR
Fuel currency	USD	USD
Price / KG (USD)	0.7100	0.7224
Cost Comparaison :		
Tanker extra	16140	16140
Transport	841	0
Total fuel	16981	16140
Fuel cost (USD)	12056	11660
	Saving = - 396 USD	
	Saving = - 24 USD/TONNE	

➤ **ORAN-LYONS:**

	DAAG	LFL
Fuel price	0.57	0.61
Fuel unit	LTR	LTR
Fuel currency	USD	USD
Price / KG (USD)	0.7100	0.7598
Cost Comparaison :		
Tanker extra	8854	8854
Transport	370	0
Total fuel	9224	8854
Fuel cost (USD)	6549	6727
	Saving = 178 USD	
	Saving = 20 USD/TONNE	

## **IV.6. Dégradation des performances :**

### **IV.6.1. Introduction :**

La durée de vie d'un moteur d'avion dépend étroitement de la manière dont il a été conduit. Avec le vieillissement des aéronefs, il s'avère que dans des proportions relativement importantes, la consommation réelle est supérieure aux prévisions de délestage établi sur les plans de vol technique.

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.

Il s'avère en pratique que chaque appareil s'éloigne légèrement de ces 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.

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

### **IV.6.2. 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 sont influents 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 avions anciens, ces relevés sont effectués par le mécanicien navigant. Ils sont forcément limités (généralement un par vol). Sur les avions de technologie récente, 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).

Du fait 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 appelé coefficient de dégradation, il est transmis automatiquement au programme qui calcul les plans de vol.

Ce programme tient compte de ce coefficient de dégradation 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 dégradation n'est donc pas modifié après chaque relevé mais une fois par mois.

### **IV.6.3. Les paramètres affectant la dégradation :**

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

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

#### **IV.6.3.1. 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.

#### IV.6.3.2. la dégradation des performances aérodynamiques 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.

#### IV.6.4. Le concept d'entretien avion :

Il faut s'intéresser au concept d'entretien des avions. Cet entretien a pour but de maintenir en permanence les avions en état de navigabilité, c'est-à-dire entretenir leurs performances essentielles. En effet, le suivi régulier de performance assure la disponibilité et l'efficacité opérationnelle des aéronefs (sécurité, ponctualité, régularité et rentabilité).

Le schéma classique d'entretien des avions de ligne comporte trois niveaux d'intervention à s'avoir :

- L'entretien en ligne d'une durée de 1 à 3 heures : visite prés vol, visites périodiques d'entretien (journalière, tous les deux jours, tous les trois jours,...) ;
- Le petit entretien qui entraîne une immobilisation plus importante de l'avion, de 24 heures à plusieurs jours : visite « A », visite « B », visite « C », respectivement aux alentours de 400 heures, 1600 heures et annuelle ;
- Le grand entretien d'une durée de 2 à 5 semaines : visite « IL » tous les 3 à 4 ans, visite « D » tous les 7 à 8 ans, qui correspond, après un démontage total, à une remise à neuf de l'avion.

Quant à la surveillance (monitoring) des performances des réacteurs, elle est assurée en utilisant plusieurs méthodes de suivi des dégradations à caractère progressif : mesures comparatives des paramètres moteurs (températures, consommation,...), mesures des concentrations d'éléments révélateurs dans les fluides organiques (endographie, radioscopie). De plus, la maintenance des réacteurs a été considérablement facilitée par leur conception modulaire rendant possible l'échange standard du seul module concerné.

#### **IV.6.5. Suivi carburant :**

Les inserts que représentent pour la compagnie le suivi et l'analyse des causes potentielles d'une consommation excessive de ses appareils, sont de plusieurs natures :

- Un intérêt opérationnel.
- Un intérêt économique.

#### **✓ Intérêt opérationnel :**

La réalisation d'un vol suppose un emport carburant adapté, c'est-à-dire devant permettre, compte tenu des conditions extérieures et des performances de l'aéronef, d'effectuer le vol dans sa totalité mais aussi, par souci de sécurité, de satisfaire aux exigences réglementaires. Il est donc nécessaire à l'équipage de connaître de façon précise la quantité de carburant qu'il doit emporter, Les plans de vol technique sont utilisés à cet effet.

L'étude opérationnelle entre le délestage prévu par les plans de vol informatisés et le carburant effectivement consommé servira à :

1. Mettre en évidence les éventuels écarts constatés ;
2. Etablir si besoin un taux de dégradation de performances;
3. Réactualiser par ce fait les données relatives à chaque appareil ;
4. Et par toutes ces actions, de permettre une gestion de carburant plus juste.

Il s'agit en effet de mettre les équipages plus en cofinance vis-à-vis des plans de vol informatisés car par le fait des écarts constatés précédemment, les équipages auraient tendance à emporter plus de carburant qu'il n'est nécessaire et en alourdissant l'avion, d'augmenter encore cet écart.

**✓ Intérêt économique :**

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

Elle l'est d'autant plus qu'une diminution de la consommation est doublement intéressante, de par la diminution de coût qu'elle implique forcément, mais aussi parce qu'une majoration excessive inutile de l'emport carburant impose à l'aéronef une masse plus grande et donc un délestage supérieur.

**IV.6.7. Application :****a) Consommation de carburant réelle :**

Le tableau ci-dessous montre la consommation réelle d'un **B767-300** à des différents coefficients de dégradation et cela pour des différentes étapes.

Etapas		Consommation réelle (KG)				
		0%	3%	5%	7%	10%
DAAG/LFLL	A	6453,398	6647	6776,0679	6905,135	7098,737
	R	6563,106	6760	6891,2621	7022,524	7219,417
DAAG/OJAI	A	18089,320	18632	18993,786	19355,572	19898,25
	R	20508,737	21124	21534,174	21944,349	22559,61
DAAG/OLBA	A	15554,368	16021	16332,087	16643,174	17109,80
	R	18498,058	19053	19422,961	19792,922	20347,86
DAAG/DAUG	A	4293,203	4422	4507,864	4593,728	4722,524
	R	3983,495	4103	4182,669	4262,339	4381,844
DABB/LFPO	A	8596,116	8854	9025,922	9197,846	9455,728
	R	8187,378	8433	8596,747	8760,495	9006,116
DAAG/OEJN	A	20065,048	20667	21068,300	21469,601	22071,55
	R	24235,922	24963	25447,718	25932,436	26659,51
DAAG/LFPO	A	8572,815	8830	9001,456	9172,912	9430,097
	R	7921,359	8159	8317,427	8475,854	8713,495
DAAG/LFPG	A	8941,747	9210	9388,834	9567,669	9835,922
	R	8167,961	8413	8576,359	8739,718	8984,757
DAAG/LFML	A	5302,912	5462	5568,058	5674,116	5833,203
	R	5549,5145	5716	5826,990	5937,980	6104,466
DAAG/EGLL	A	10492,233	10807	11016,84	11226,689	11541,45
	R	9557,281	9844	10035,145	10226,291	10513,00
DAOO/LFPO	A	9463,106	9747	9936,262	10125,524	10409,41
	R	9089,3203	9362	9543,786	9725,572	9998,254
DAAG/DABC	A	3149,5145	3244	3306,990	3369,980	3464,466
	R	2845,6310	2931	2987,912	3044,825	3130,194
DAAG/DAOO	A	3394,1747	3496	3563,883	3631,766	3733,592
	R	3361,1650	3462	3529,223	3596,446	3697,281
OLBA/OMDB	A	12750,485	13133	13388,009	13643,019	14025,53
	R	15152,427	15607	15910,048	16213,097	16667,66
DAAG/GMMN	A	7338,834	7559	7705,776	7852,553	8072,718
	R	6703,8834	6905	7039,077	7173,155	7374,271

**b) Surconsommation due à la dégradation de l'avion :**

Les tableaux suivants représentent la surconsommation annuelle et mensuelle pour un B767-300 due à la dégradation des performances de l'appareil pour des différentes étapes.

Prix du baril est de 56.86 \$/HL donc 0,5686 \$/L.

La densité de carburant 0.785 KG/L.

63 216 L	—————>	49 625	KG
X L	—————>	40316,2718	KG

X = 51357,85 L

Coût = 29202,07 \$



Etapes	Surconsommation mensuelle (KG)				
		3%	5%	7%	10%
DAAG/LFLL	A	4646,4466	7744,07767	10841,7087	15488,1553
	R	4725,43689	7875,72816	11026,0194	15751,4563
DAAG/OJAI	A	2170,71845	3617,86408	5065,00971	7235,72816
	R	2461,04854	4101,74757	5742,4466	8203,49515
DAAG/OLBA	A	1866,52427	3110,87379	4355,2233	6221,74757
	R	2219,76699	3699,61165	5179,45631	7399,2233
DAAG/DAUG	A	515,184466	858,640777	1202,09709	1717,28155
	R	478,019417	796,699029	1115,37864	1593,39806
DABB/LFPO	A	1031,53398	1719,2233	2406,91262	3438,4466
	R	982,485437	1637,47573	2292,46602	3274,95146
DAAG/OEJN	A	2407,80583	4013,00971	5618,21359	8026,01942
	R	2908,31068	4847,18447	6786,05825	9694,36893
DAAG/LFPO	A	1028,73786	1714,56311	2400,38835	3429,12621
	R	950,563107	1584,27184	2217,98058	3168,54369
DAAG/LFPG	A	1073,00971	1788,34951	2503,68932	3576,69903
	R	980,15534	1633,59223	2287,02913	3267,18447
DAAG/LFML	A	636,349515	1060,58252	1484,81553	2121,16505
	R	665,941748	1109,90291	1553,86408	2219,80583
DAAG/EGLL	A	2518,13592	4196,8932	5875,65049	8393,78641
	R	2293,74757	3822,91262	5352,07767	7645,82524
DAOO/LFPO	A	1135,57282	1892,62136	2649,6699	3785,24272
	R	1090,71845	1817,86408	2545,00971	3635,72816
DAAG/DABC	A	377,941748	629,902913	881,864078	1259,80583
	R	341,475728	569,126214	796,776699	1138,25243
DAAG/DAOO	A	407,300971	678,834951	950,368932	1357,6699
	R	403,339806	672,23301	941,126214	1344,46602
<b>SOMME (KG)</b>		<b>40316,2718</b>	<b>67193,7864</b>	<b>94071,301</b>	<b>134387,573</b>
<b>COUTS (\$)</b>		<b>29202,07</b>	<b>48670,125</b>	<b>68138,175</b>	<b>97340,250</b>



Etapas	Surconsommation annuelle (KG)				
		3%	5%	7%	10%
DAAG/LFLL	A	55757,3592	92928,932	130100,505	185857,864
	R	56705,2427	94508,7379	132312,233	189017,476
DAAG/OJAI	A	26048,6214	43414,3689	60780,1165	86828,7379
	R	29532,5825	49220,9709	68909,3592	98441,9417
DAAG/OLBA	A	22398,2913	37330,4854	52262,6796	74660,9709
	R	26637,2039	44395,3398	62153,4757	88790,6796
DAAG/DAUG	A	6182,21359	10303,6893	14425,165	20607,3786
	R	5736,23301	9560,38835	13384,5437	19120,7767
DABB/LFPO	A	12378,4078	20630,6796	28882,9515	41261,3592
	R	11789,8252	19649,7087	27509,5922	39299,4175
DAAG/OEJN	A	28893,6699	48156,1165	67418,5631	96312,233
	R	34899,7282	58166,2136	81432,699	116332,427
DAAG/LFPO	A	12344,8544	20574,7573	28804,6602	41149,5146
	R	11406,7573	19011,2621	26615,767	38022,5243
DAAG/LFPG	A	12876,1165	21460,1942	30044,2718	42920,3883
	R	11761,8641	19603,1068	27444,3495	39206,2136
DAAG/LFML	A	7636,19417	12726,9903	17817,7864	25453,9806
	R	7991,30097	13318,835	18646,3689	26637,6699
DAAG/EGLL	A	30217,6311	50362,7184	70507,8058	100725,437
	R	27524,9709	45874,9515	64224,932	91749,9029
DAOO/LFPO	A	13626,8738	22711,4563	31796,0388	45422,9126
	R	13088,6214	21814,3689	30540,1165	43628,7379
DAAG/DABC	A	4535,30097	7558,83495	10582,3689	15117,6699
	R	4097,70874	6829,51456	9561,32039	13659,0291
DAAG/DAOO	A	4887,61165	8146,01942	11404,4272	16292,0388
	R	4840,07767	8066,79612	11293,5146	16133,5922
<b>SOMME (KG)</b>		<b>483795,262</b>	<b>806325,437</b>	<b>1128855,61</b>	<b>1612650,87</b>
<b>COUTS (\$)</b>		<b>350424,900</b>	<b>584041,501</b>	<b>817658,100</b>	<b>1168082,99</b>



Actuellement le **B767-300** vole avec un coefficient de dégradation de 3%, sachant que le prix de carburant est de 56.86 \$/HL. La perte annuelle pour notre compagnie AIR ALGERIE due à cette dégradation d'après le tableau précédent est de **350424,90 \$**.

## IV.7. Décollage à poussée réduite

### IV.7.1. Définition :

Dans la plupart des cas un avion décolle à une masse inférieure à la masse maximale autorisée compte tenu de toutes les limitations. Par conséquent on adapte la poussée à la masse d'avion : c'est ce qu'on appelle un décollage à poussée réduite.

### IV.7.2. Détermination de la poussée réduite :

Considérons la variation de la masse maximale au lâcher des freins, en fonction de la température, pour une piste et des conditions extérieures fixées.

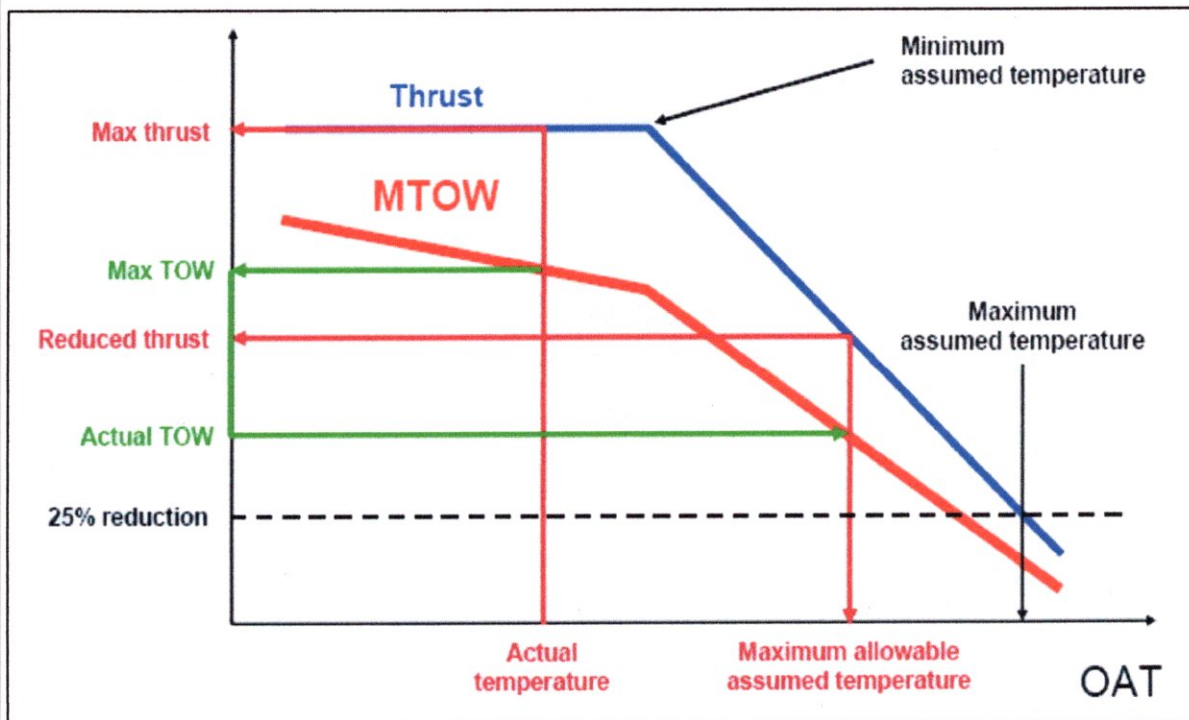


Figure IV.6 : La poussée réduite à température fictive.

A la température extérieure réelle correspond la masse maximale  $m_1$ , or le décollage se fait à la masse  $m_2 < m_1$ . La poussée affichée sera déterminée à partir d'une température fictive qui est telle que la masse maximale serait égale à  $m_2$ . la température fictive doit rester dans le domaine de vol certifié à moins que le constructeur ne fournisse un complément de données de calcul des limitations au décollage autorisant l'utilisation de températures fictives supérieures aux températures maximales certifiées.

### **IV.7.3. Utilisation de la poussée réduite :**

Il est possible d'utiliser la poussée réduite au décollage, si cette dernière permet de respecter, pour la masse réelle au lâcher des freins :

- Les marges par rapport aux vitesses minimales associées du décollage ;
- Les performances ascensionnelles exigées tout au long de la trajectoire réglementaire de décollage.

La poussée affichée doit représenter au moins 75% de la poussée maximale de décollage dans les conditions ambiantes, et ne doit pas entraîner la non activation ou la désactivation de systèmes requis liés à la sécurité : par exemple, sortie automatique des spoilers, avertisseurs de panne moteur ou de configuration, etc....

Au cours de la manœuvre de décollage, il doit toujours être possible de réafficher la pleine poussée (notamment en cas de panne moteur), et ceci, sans aucune difficulté de contrôlabilité de l'avion ou de temps de réponse des moteurs. Toutes les limitations au décollage devant être respectées avec la poussée réduite, l'affichage de la pleine poussée en cas de besoin permettra d'augmenter les marges de sécurité.

Compte tenu des conditions d'utilisation de la poussée réduite, on peut imaginer que sur certains réseaux, un avion soit amené à n'utiliser la poussée maxi décollage que de façon très occasionnelle. C'est pourquoi la réglementation impose à l'exploitant de vérifier que la poussée maximale de décollage est toujours disponible par la mise en place d'une procédure de contrôle périodique : par exemple, prévoir systématiquement le premier décollage de la semaine avec la pleine poussée pour s'assurer que celle-ci ne s'est pas dégradée.

### **IV.7.4. Restriction d'utilisation de la poussée réduite :**

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

- Quand l'antiskid ou tout autre moyen de ralentissement, pris en compte pour la certification (spoilers sol par exemple), est indispensable ;  
Ou quand l'avion est dans une configuration particulière affectant ses performances ;

Toutefois, si le cas est prévu par les tolérances en courrier, il est possible d'utiliser la poussée réduite en tenant compte des dégradations de performances ;

- Sur les pistes mouillées, sauf s'il est tenu compte de l'augmentation des distances d'arrêt ;
- Sur les pistes contaminées.

Outre ces cas prévus par la réglementation, l'exploitant peut limiter l'utilisation de la poussée réduite pour des décollages particuliers : par exemple, décollage de précision, etc....

#### IV.7.5. Conséquences de la poussée réduite :

La pente diminue avec la réduction de la poussée par conséquent l'augmentation de la distance, le temps et la consommation de carburant pendant le décollage.

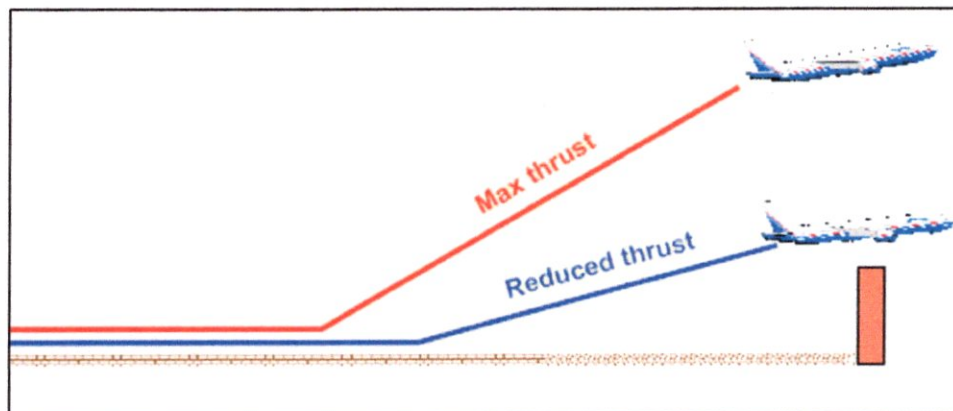


Figure IV.7 : Effet de la poussée sur la pente.

#### IV.7.6. Exemple :

Pour le B767-300 à l'aéroport d'ALGER HOUARI BOUMEDIENE sur la piste 09 à vent nul et à masse de décollage égale à 141 000 KG le calcul de la poussée réduite se fait comme suit :

- a) D'après le vent et la température actuelle, on fait sortir la masse maxi au décollage la plus faible entre les limitations (décollage, obstacle et structurale).

**Données :**

- Vent nul ;
- Température actuelle = 27°C.

**Résultats :**

- Limitation décollage : 164 100 KG ;
- Limitation obstacle : 165 000 KG ;
- Limitation structurale : 156 489 KG.

Donc la masse maxi au décollage est : 156 489 KG (limitation structurale).

b) la masse réelle de décollage doit être inférieure à la masse maxi au décollage.

- La masse réelle de décollage : 141 000 kg ;
- La masse maxi au décollage : 156 489 kg.

c) d'après le tableau, on fait sortir la température fictive selon la masse réelle de décollage.

- La température fictive : 50°C.

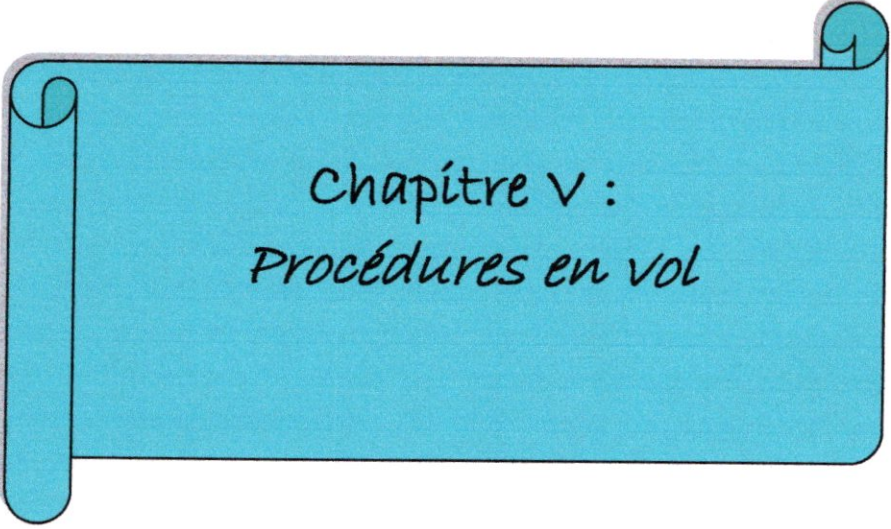
d) la température fictive et la masse réelle de décollage sont introduites dans le FMS (flight management système) pour calculer la poussée nécessaire au décollage.



AIR ALGERIE		DIRECTION DES OPERATIONS AERIENNES					
ELEVATION	82 FT	RUNWAY 09		DAAG			
*** <b>FLAPS 05</b> *** AIR COND ON ANTI-ICE OFF HOUARI BOUMEDJENE							
<b>ALGER</b>							
767-300	CF6-C2B2F	DATED 10-NOV-2002					
*A* INDICATES OAT OUTSIDE ENVIRONMENTAL ENVELOPE							
OAT	CLIMB	WIND COMPONENT IN KNOTS (MINUS DENOTES TAILWIND.)					
C	100KG	-10	0	10	20		
65A	1233	1265*/37-37-41	1281*/37-37-41	1281*/37-37-41	1281*/37-37-41	1281*/37-37-41	
		1260**44-45-48	1285**52-55-56	1285**47-55-56	1285**45-55-56	1285**45-55-56	
60A	1290	1320*/40-40-44	1342*/40-40-44	1342*/40-40-44	1342*/40-40-44	1342*/40-40-44	
		1315**46-48-50	1344**55-58-60	1344**55-58-60	1344**49-58-60	1344**49-58-60	
55A	1353	1378*/44-44-48	1410*/44-44-48	1410*/44-44-48	1410*/44-44-48	1410*/44-44-48	
		1374**48-49-53	1410**59-62-63	1410**59-62-63	1410**54-62-64	1410**54-62-64	
50	1416	1435*/47-47-51	1478*/47-47-51	1478*/47-47-51	1478*/47-47-51	1478*/47-47-51	
		1431**50-51-55	1471**61-64-66	1475**63-66-67	1476**59-66-67	1476**59-66-67	
45	1482	1498*/50-50-55	1550*/50-50-55	1550*/50-50-55	1550*/50-50-55	1550*/50-50-55	
		1495**53-54-58	1536**64-67-69	1544**66-69-71	1544**63-69-71	1544**63-69-71	
43	1508	1522*/52-52-56	1576*/52-52-56	1580*/52-52-56	1580*/52-52-56	1580*/52-52-56	
		1519**54-54-59	1562**65-67-70	1565**64-68-71	1565**61-68-71	1565**61-68-71	
41	1535	1546*/53-53-58	1601*/53-53-58	1608*/53-53-58	1608*/53-53-58	1608*/53-53-58	
		1543**55-55-59	1565**53-61-64	1565**50-61-64	1565**47-61-64	1565**47-61-64	
39	1560	1568*/54-54-59	1625*/54-54-59	1636*/54-54-59	1636*/54-54-59	1636*/54-54-59	
		1565**55-55-60	1565**42-55-60	1565**38-55-60	1565**34-55-60	1565**34-55-60	
37	1584	1589*/54-54-59	1647*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
35	1608	1610*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
33	1631	1630*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
31	1641	1640*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
29	1641	1642*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
27	1641	1644*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
25	1641	1646*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
20	1641	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
15	1641	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
10	1640	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
5	1639	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
0	1639	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
-10	1637	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	1650*/54-54-59	
MAX BRAKE RELEASE WT MUST NOT EXCEED MAX CERT TAKEOFF WT OF						156489 KG	
MINIMUM FLAP RETRACTION HEIGHT IS 400 FT							
LIMIT CODE IS F=FIELD, T=TIRE SPEED, B=BRAKE ENERGY, V=VMCG,							
**=OBSTACLE/LEVEL-OFF, ***=IMPROVED CLIMB							
RUNWAY IS 3500 M LONG WITH 0 M OF CLEARWAY AND 0 M OF STOPWAY							
RUNWAY SLOPES ARE 0.11 PERCENT FOR TODA AND 0.11 PERCENT FOR ASDA							
LINE-UP DISTANCES: 31 M FOR TODA, 54 M FOR ASDA OBS FROM LO-FT/M							
RUNWAY	HT	DIST	OFFSET	HT	DIST	OFFSET	
09	26	651	0	49	2248	-105	
					49	2340	
ENG-OUT PROCEDURE:							
NONE							

### IV.7.7. Conclusion :

Comparé à la pleine poussée, l'utilisation de la poussée réduite ne réduira pas la consommation de carburant pendant le décollage. Cependant, elle préservera la vie de moteur et réduira la consommation de carburant avec le temps. La majorité d'usage de moteur se produira à températures élevées. Par exemple, une réduction de 1% de la poussée maxi aura comme conséquence une économie de 10% dans la vie de moteur.



Chapitre V :  
*Procédures en vol*

## V.1. La montée

### V.1.1. Introduction :

Selon les vitesses adoptées, les profils de montée changent, plus la vitesse est importante, plus la trajectoire de montée est basse, plus la distance de montée est longue.

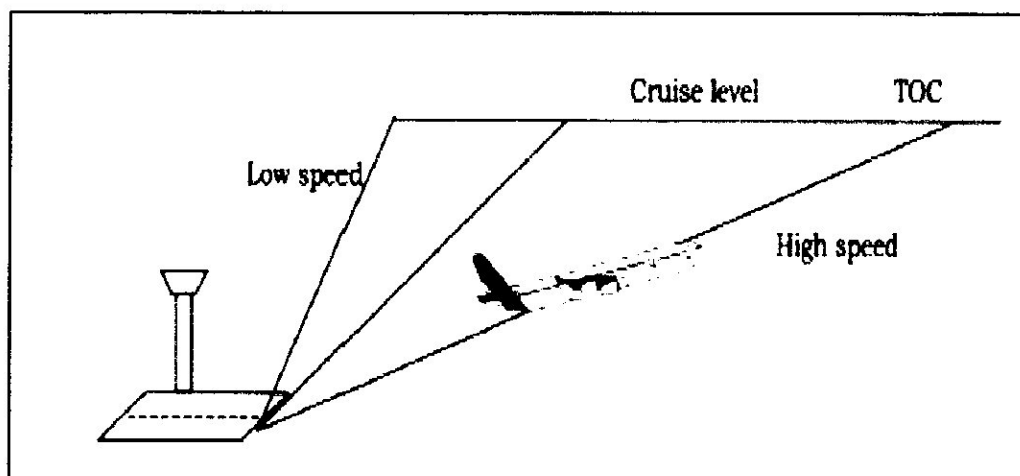


Figure V.1 : profil de montée.

### V.1.2. La loi de montée :

Les montées sont normalement exécutées en trois temps à la poussée maximale

- vitesse indiquée maintenue à 250 kt jusqu'au FL 100 accélération vers la vitesse de montée puis :
- vitesse indiquée constante maintenue jusqu'à l'altitude de jonction.
- mach constant maintenu jusqu'au (Top of climb).



**Exemple :**

➤ Montée 250/300/0.80 :

Lorsque le mach atteint 0,80  
 La montée se poursuit à mach constant :  
 - la TAS diminue ( jusqu'à la tropopause )  
 - l'IAS diminue

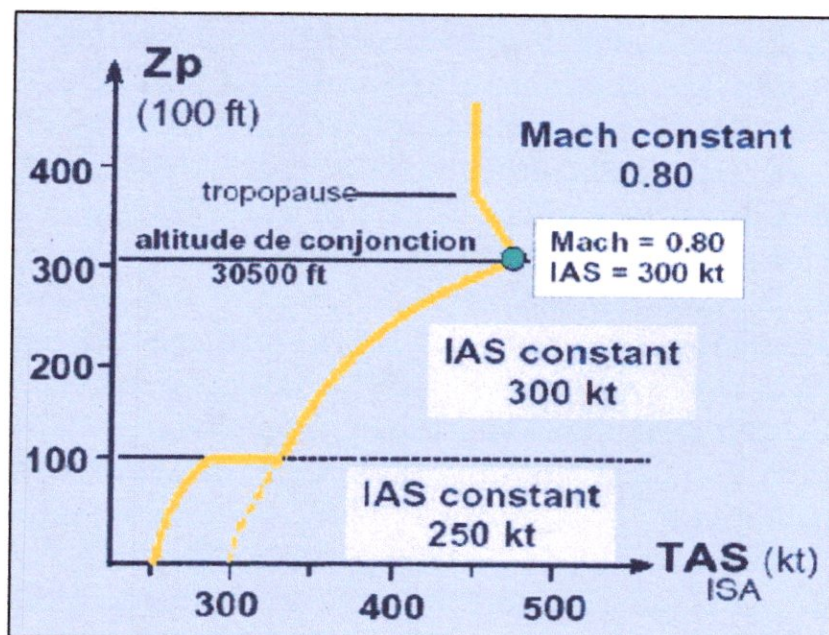


Figure V.2 : Loi de montée.

**V.1.3. Altitude de jonction :**

a) altitude à la quelle on passe de la montée à IAS constante à la montée à mach constant

b) dépend uniquement des valeurs IAS et mach choisis pour la variation de IAS

**Remarque :**

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.

## **V.2. La croisière**

### **V.2.1. Introduction :**

La phase de croisière est la phase la plus importante concernant l'économie du carburant, car elle est la plus longue. Pour les avions long courrier, l'économie carburant est si importante qu'une discipline stricte doit être exercée.

Les conditions d'utilisation d'un appareil devront être telles qu'elles minimisent les coûts directs d'exploitation (DOC).

Ces coûts dépendent de deux paramètres sur lesquels il est possible d'agir au niveau de la conduite de l'avion :

- le coût carburant.
- Le coût lié au temps de vol.

Comme ces deux paramètres sont liés, l'étude de la croisière se ramènera à une étude de la consommation de carburant en fonction de la vitesse de l'avion et l'altitude ou le niveau de vol.

### **V.2.2. Optimisation de l'altitude de croisière :**

#### **V.2.2.1. Définition :**

En vérifiant, le changement du rayon spécifique en fonction de l'altitude à mach constant, il est évident que, pour chaque poids, il y a une altitude où le rayon spécifique est maximum. Cette altitude désignée sous le nom "**altitude optimale**".

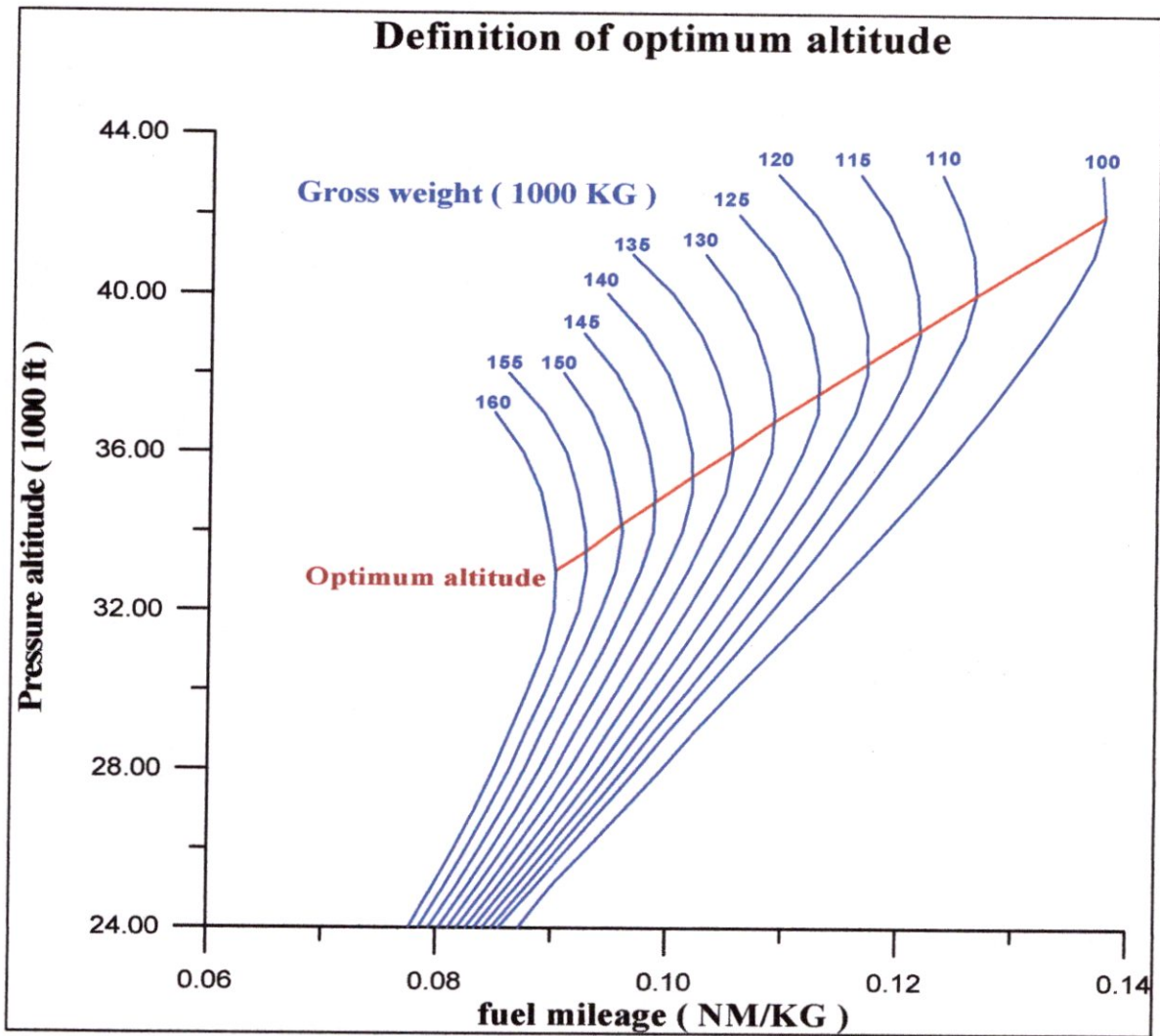


Figure V.3 : Définition de l'altitude optimale.

Quand l'avion vole à l'altitude optimale, il utilise le meilleur rapport portance-trainée correspondant au nombre de mach choisi ( $C_z/C_x$ )max.

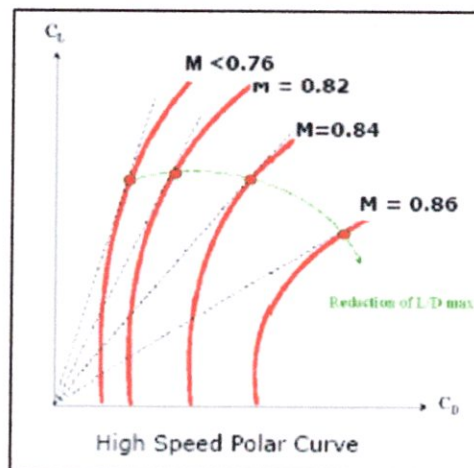


Figure V.4 : La polaire.

Quand l'avion vole à grande vitesse, la courbe de la polaire dépend du nombre de mach indiqué, et diminue quand le mach augmente. Ainsi, pour chaque nombre de mach, il y a une valeur différente de  $(C_z/C_x)$  max, qui est inférieure à mesure que le nombre de mach augmente.

Quand l'avion vol en croisière à l'altitude optimale à mach donné, le  $C_z$  est fixe, et correspond à  $(C_z/C_x)$  max du nombre de mach choisi. Pour assurer la sustentation il faut vérifier que :

$$mg = \gamma/2 P_s C_z M^2$$

En conséquence, les éléments variables sont le poids et la pression statique extérieur ( $P_s$ ) de l'altitude optimale. La formule exprimant une croisière à l'altitude optimale est :

$$\frac{\text{masse}}{P_s} = \text{constant}$$

Il convient de noter que l'influence de la vitesse sur l'altitude optimale n'est pas très significative dans la gamme des vitesses de croisière normales. Afin de réduire au minimum la consommation de carburant, l'avion devrait donc voler à l'altitude optimale.

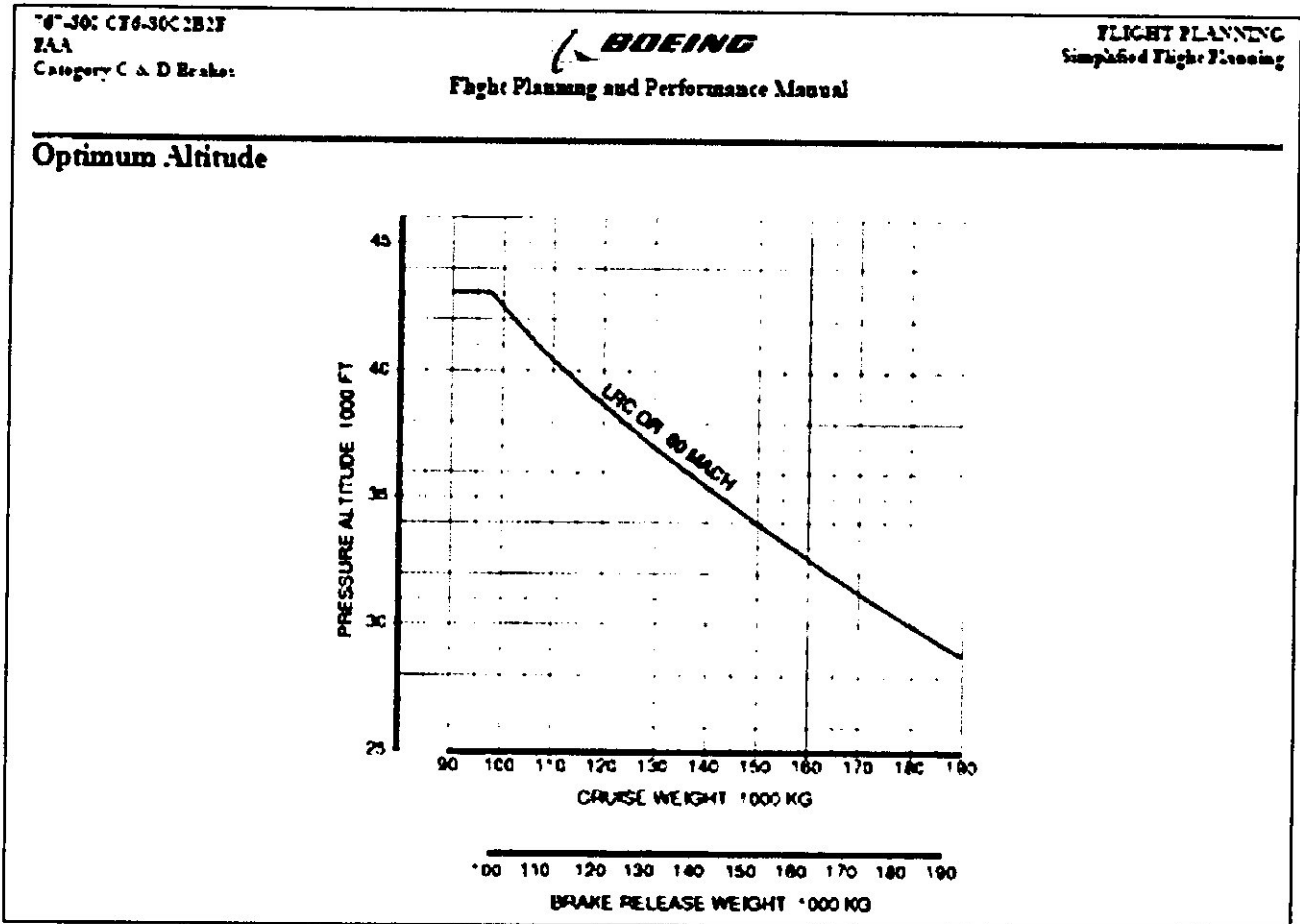
Dans le FPPM (flight planning and performance manual) il existe, un diagramme déterminant l'altitude optimale en fonction de la masse et le mach, Un exemple est montré :

**Les données :**

Masse de croisière : 130 000 kg ;  
Mach LRC ou M 0.80 .

**Résultat :**

Altitude optimale : 37 000 ft.



**Figure V.5 : Détermination de l'altitude optimale.**

Cependant ce n'est pas toujours possible. Les limitations de performances telles que le taux de montée ou de poussée disponible de croisière peuvent mener à une altitude maximum au-dessous de l'optimum, comme dans le cas des limitations de vibrations. À de faible poids, l'altitude optimale peut être au-dessus de l'altitude maximum certifiée. En outre, les restrictions de gestion du trafic aérien peuvent affecter le niveau de vol.

**V.2.2.2. Pénalité du rayon d'action spécifique pour des déviations de l'altitude optimale :**

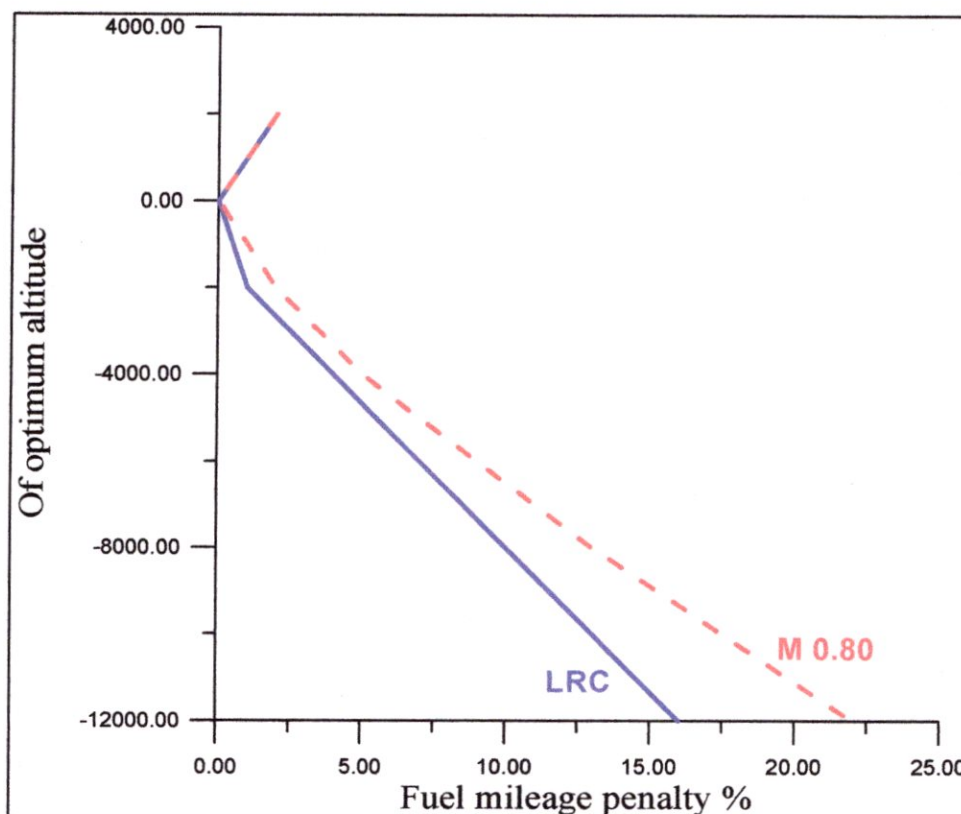
En volant au-dessus ou au-dessous de l'altitude optimale, le rayon d'action spécifique diminue.

La table suivante montre la pénalité du rayon d'action spécifique en ne volant pas à l'altitude optimale, avec un mach de croisière de 0,8.



Altitude (ft)	Pénalité du rayon spécifique %	
	LRC	0,80
+2000	2	2
altitude optimale	0	0
-2000	1	2
-4000	4	5
-8000	10	13
-12000	16	22

D'après cette table, on peut représenter ces pénalités en pourcentage sur le rayon d'action spécifique à mach 0,80 et LRC en fonction de l'altitude relative à l'optimale, dans les diagrammes ci-dessous.



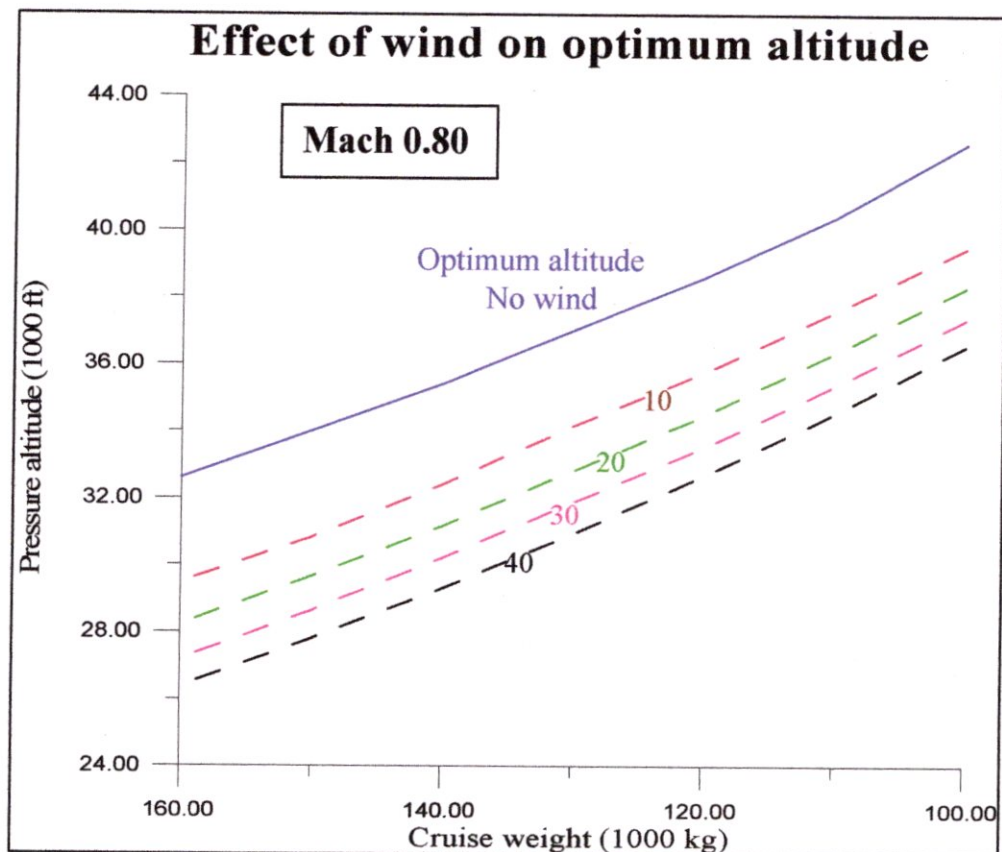
**Figure V.6 : Pénalité du rayon d'action spécifique pour des déviations de l'altitude optimale.**

Généralement si on vole à moins de 2000 ft de l'altitude optimale le rayon d'action spécifique est à environ 1 % du maximum à mach LRC. Cependant, la consommation de carburant est une considération importante.

### V.2.2.3. Influence du vent sur l'altitude optimale :

Pour toute altitude inférieure à l'altitude optimale, le rayon d'action spécifique diminue.

Par contre si le vent devient plus favorable, le rayon d'action spécifique sol va s'améliorer. Ce qui fait que suivant l'écart de vent entre les deux altitudes le rayon d'action spécifique sol à l'altitude inférieure peut dépasser celui de l'altitude optimale.



**Figure V.7 : variation de l'altitude optimale en fonction de l'écart favorable de vent effectif.**

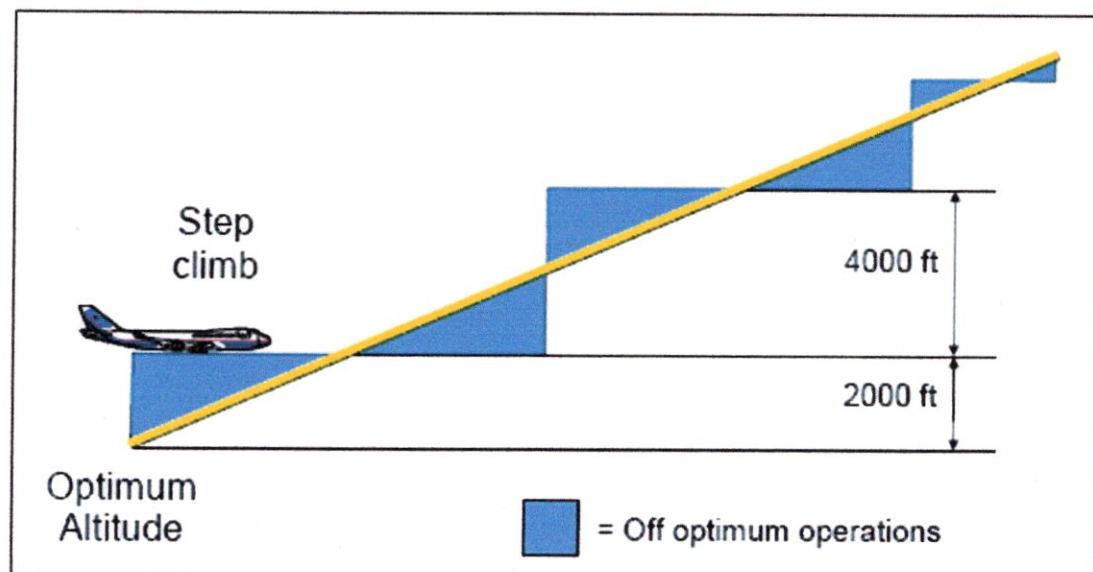
### V.2.2.4. La montée en palier « stepped climb » :

#### ➤ Introduction :

On a montré 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.

La croisière idéale serait celle qui suivrait l'altitude optimale. Pour des commodités de contrôle, la croisière ascendante n'est pas possible, il faut donc évoluer en palier à des altitudes aussi proches que possible de l'altitude optimale.

Considérons la séparation entre les niveaux de vol 4000 ft, l'altitude initiale en croisière doit être choisie entre 1000 ft et 2000 ft au-dessus de l'optimale.



**Figure V.8 : la montée en palier.**

#### ➤ Profil de vol optimal :

Plusieurs paramètres comme les conditions météo, ou conditions de control, peuvent influencer les décisions prises par le personnel navigant tout en respectant les trois priorités fondamentales : manoeuvrabilité, confort passagers et économie.

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

**Le profil bas** initialise la montée à un poids où le prochain niveau disponible de vol est le niveau optimum de vol à ce poids. En conséquence, les niveaux de vol sont toujours à 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.

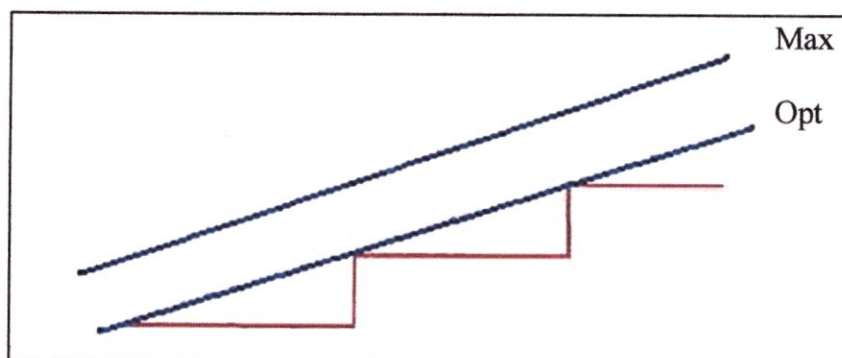


Figure V.9 : Profil bas.

Le **profil haut** initialise la montée a 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 la manoeuvrabilité et volera plus lentement.

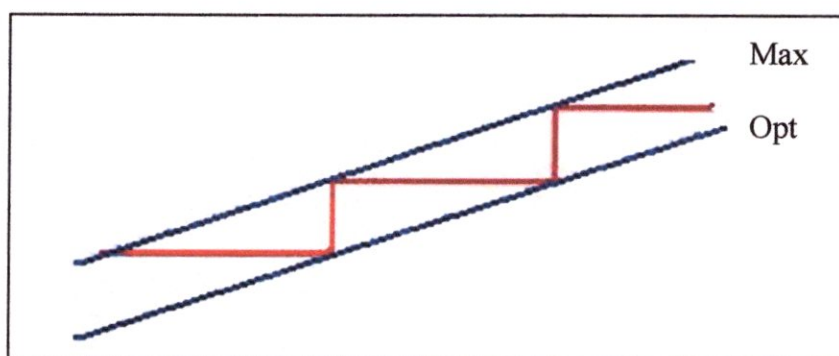


Figure V.10 : profil haut.

Le **profil moyen** initialise la montée à un poids ou le rayon spécifique au prochain niveau de vol disponible est meilleur que celui au niveau actuel. Ceci permet au profil de vol de demeurer aussi étroitement proche du niveau optimum de vol.

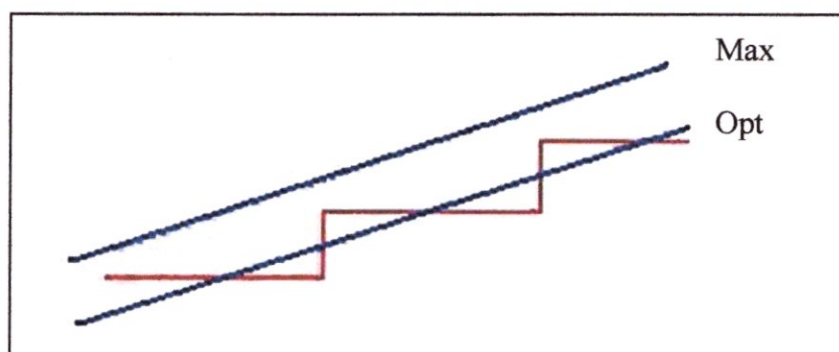


Figure V.11 : profil moyen.

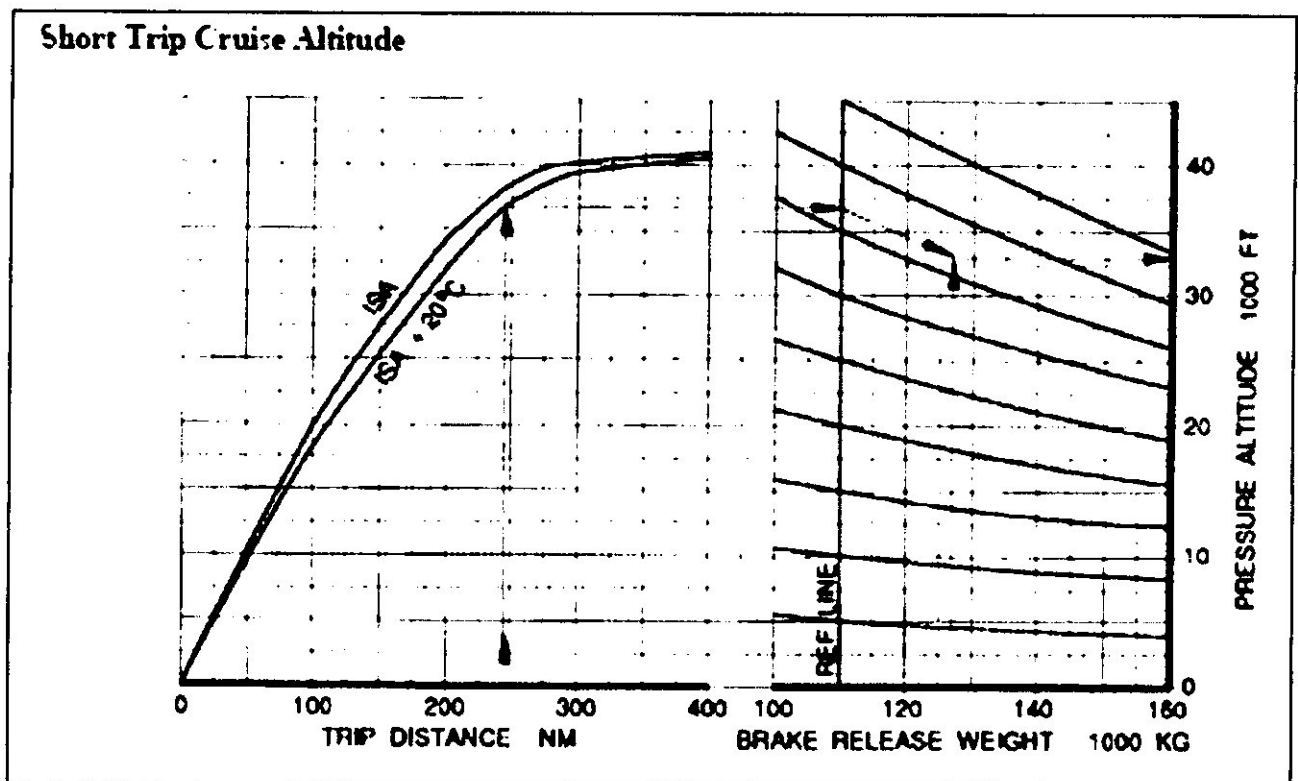
C'est cette technique qui est recommandée pour la meilleure économie du carburant.

### V.2.2.5. 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.

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 existe un diagramme montrant l'altitude optimale sur une étape courte, Un exemple est montré ci-dessous.



**Figure V.12 : Détermination de l'altitude optimale pour les étapes courtes.**

**Exemple :****Données :**

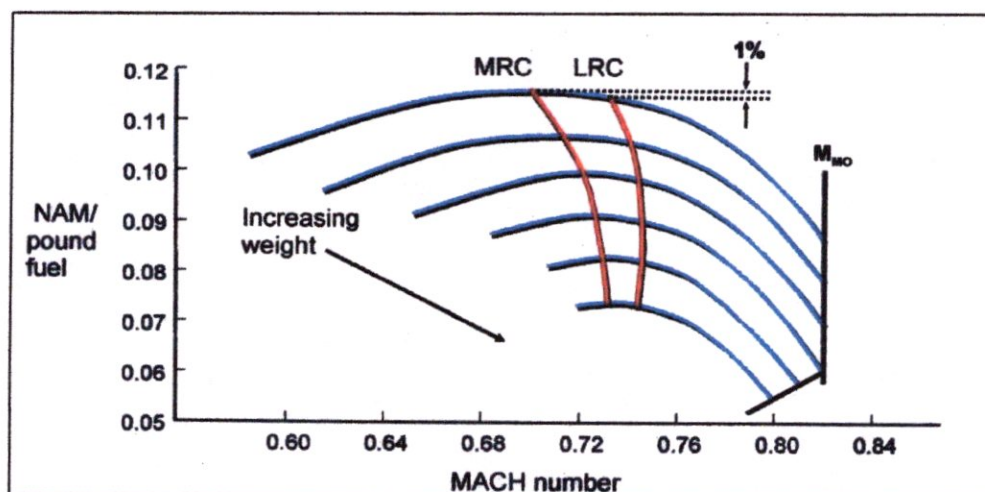
Distance : 245 NM ;  
 Température : ISA +20 ;  
 Masse : 127 000 KG.

**Résultat :**

Altitude optimale : 33 000 ft.

**V.2.3. Optimisation de la vitesse de croisière :****V.2.3.1. Introduction :**

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 d'action spécifique en fonction du nombre de mach pour différentes masses avion à une altitude fixe.



**Figure V.13 : variation du rayon d'action en fonction du mach.**

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 (MLRC) avec une augmentation significative de la vitesse comparée à mach maximum range, et seulement une perte de 1% dans le rayon d'action spécifique. Le mach maximum range et le mach long range diminuent avec un poids décroissant, à altitude constante.



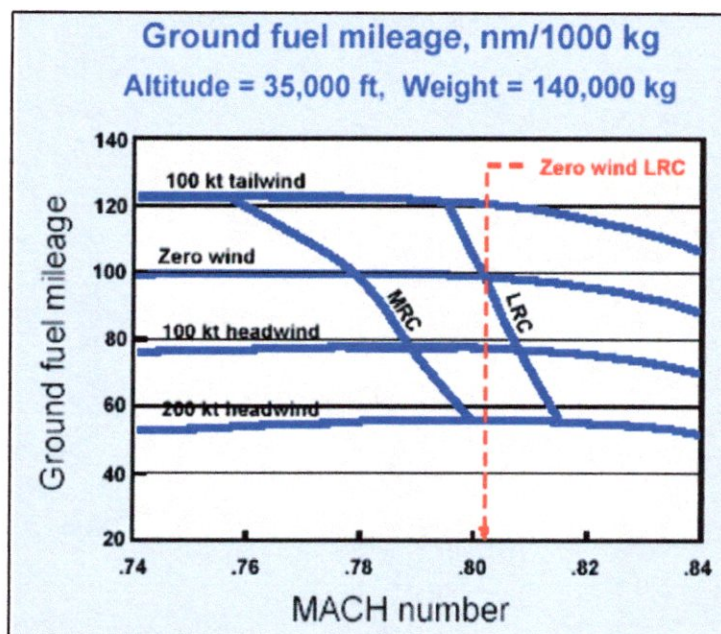
Le tableau suivant présente la comparaison entre le mach LRC et le mach 0,80 en consommation et temps de vol pour un **B767-300** à un niveau de vol 280, masse d'atterrissage 120000 KG, vent nul et à température ISA.

Distance (NM)	LRC		MACH 0,80	
	Fuel (1000 KG)	Time (H)	Fuel (1000 KG)	Time (H)
400	4,8	1,1	5,2	1,0
600	6,5	1,6	7,4	1,5
800	9	2	9,4	1,9
1000	11	2,5	11,8	2,4
2000	21,5	4,7	23	4,4
4000	44	9,1	46,5	8,7

Le choix correct des paramètres de croisière est fondamental dans la minimisation du carburant et temps de vol. le tableau précédent prouve que l'avion consomme moins de carburant quand il vol à mach LRC. Tandis que voler à mach 0,80 augmente la consommation de carburant avec une réduction significative du temps de vol par rapport au mach LRC.

**V.2.3.2. Influence du vent sur le mach :**

Le diagramme suivant montre le mach maximum range par rapport à des variations de vent pour un **B767-300**.



**Figure V.14 : Influence du vent sur le mach.**

Ceci prouve que :

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

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. Donc si le vent est plus favorable il est conseillé de voler plus bas.

### V.2.3.3. Utilisation du FMS en mode gestion :

Le système de gestion de vol ( FMS ) optimise le plan de vol pour les vents, coûts d'exploitation et suggère l'altitude et la vitesse de croisière les plus économiques, selon l'index de coût choisi par la compagnie aérienne, qui veut économiser le carburant choisi un index faible.

La prochaine partie prévoit d'accentuer l'impact du cost index sur la consommation de carburant et le temps de vol.

### V.2.3.4. Nombre de mach économique :

Le mach longue range de croisière ( MLRC ) 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 suit :

Avec :

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

$C_c$  : coûts fixes.

$C_f$  :coûts carburant unitaire.

$C_t$  : coûts relatifs au temps par heure de vol

$\Delta F$  :délestage.

$\Delta T$  : 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.

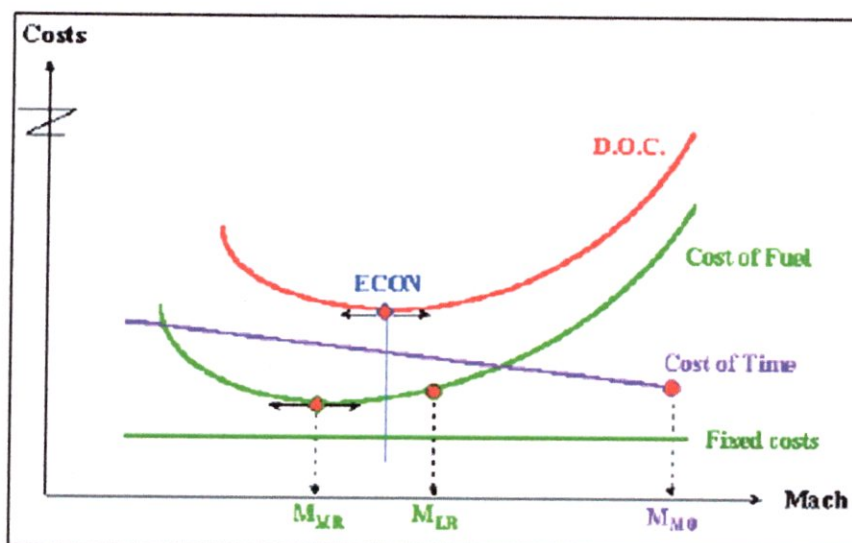


Figure V.15 : Courbe des coûts en fonction du mach.

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 ( $M_{ECON}$ ).

Les paramètres influant sur le mach économique sont :

- La masse : lorsque  $m$  augmente le  $M_{ECON}$  augmente également à  $Z_P$  constante.
- L'altitude pression : à  $m$  constante, lorsque  $Z_P$  augmente le  $M_{ECON}$  augmente.

Le mach économique est maintenant le plus souvent situé entre le mach de maxi range et de long range.

Donc le vol au mach économique étant plus avantageux en coût total et carburant, le vol au long range devient peu intéressant.

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 :

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

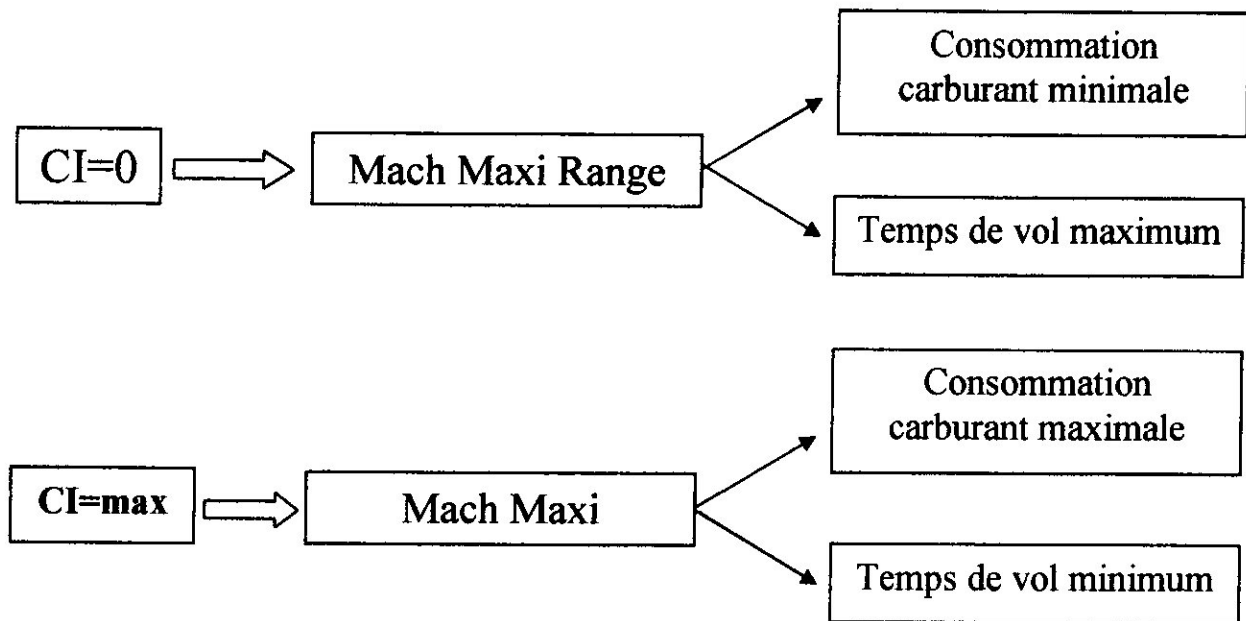
Selon l'index de coût, l'avion exploité et les conditions atmosphériques, l'altitude optimale et le nombre de mach économique sont calculés. A partir de ça, la consommation de carburant dépend seulement de l'index de coût choisi.



### V.2.3.5. Les valeurs extrêmes du cost index :

Généralement le carburant est considéré comme l'un des coûts directs d'exploitation. C'est pourquoi les compagnies aériennes essaient de réduire au minimum ces coûts. Ceci introduit le concept de l'index de coût « COST INDEX ».

Le but recherché est de faire un choix judicieux des paramètres de vol pour obtenir le mach économique.



### V.2.3.6. Conclusion :

Les équipages de conduite devraient essayer de choisir un niveau de vol aussi étroitement comme possible à l'altitude optimale.

Le vol effectué à l'altitude de jonction augmente la consommation de carburant de manière significative pour un gain très petit de temps.

Il est important de signaler qu'à une basse altitude avec un vent favorable, la consommation de carburant peut être inférieure que celle de l'altitude optimale.

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

Le mach longue range de croisière (MLRC) a été considéré comme régime à consommation minimum. Le vol au mach économique est plus avantageux en coût total et carburant, donc le mach long range devient peu intéressant.

La valeur de M économique dépend du « cost index ».



### V.3. La descente

#### V.3.1. 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.

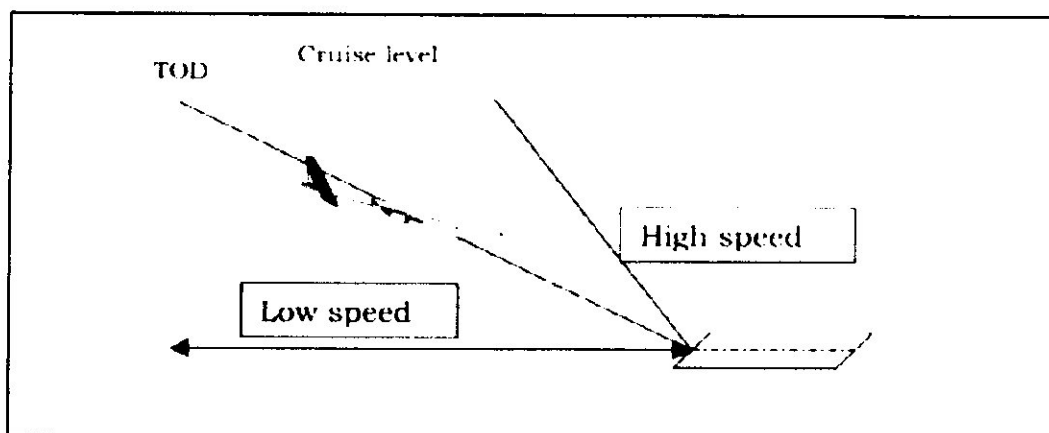


Figure V.16 : Profil de descente.

#### V.3.2. Loi de descente :

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

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

La poussée moteur est normalement mise au ralenti pour la descente et la vitesse est commandée par l'attitude de l'avion.

En ces conditions les poids plus élevés augmentent la distance de descente en raison de la réduction du gradient de descente (qui égale  $[\text{poussée} - \text{traînée}] / \text{poids}$  dans un vol stabilisé). Ceci augmente également le carburant consommé pendant la descente.

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.

### **V.3.3. Effets des techniques de descente sur la consommation 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 du au faible gradient  $[(T_u - T_n)/\text{poids}]$  qui induit une distance de descente plus importante qui va diminuer la distance de croisière ou la consommation est plus importante (moteurs au ralenti pendant la descente) .

### **V.3.4. Mode de 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 :

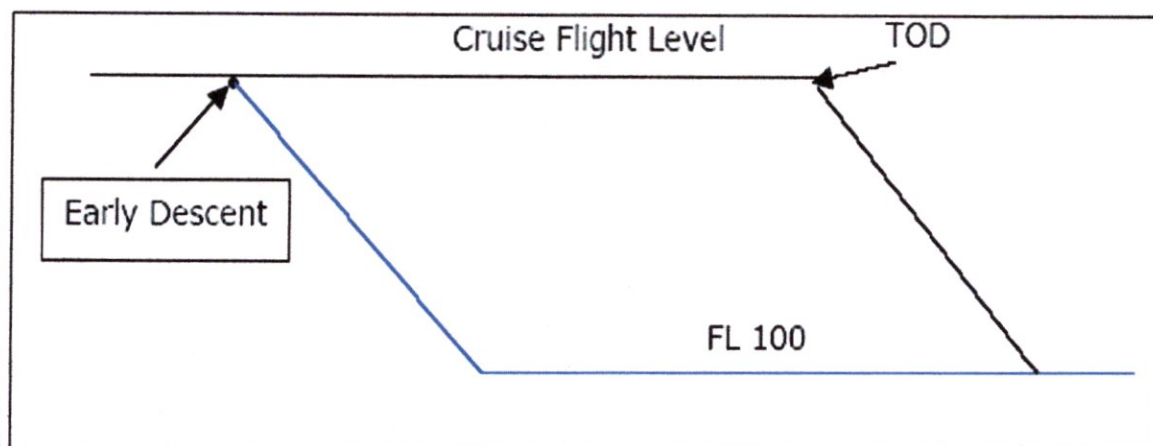
- Plus la trajectoire de descente est raide (plus la vitesse est haute) ;
- plus la distance de descente est courte ;
- plus le top de la descente est retardé.

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.

On peut noter que le temps de la descente dépend plus des index de coût comparé à la montée.

### **V.3.5. 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 V.17 : Profil de descente prématurée.**

Deux situations de descente ont été simulées :

- La descente a débuté 15 Nm (ou environ 2 minutes) plus tôt 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.

Remarque : la descente prématurée devrait être évitée.

#### **V.4. 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 **green dot speed**.

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

V.5. L'approche :

L'IATA a recommandé a tous ses membres le type de procédure d'approche ci-après pour minimiser la consommation de carburant.

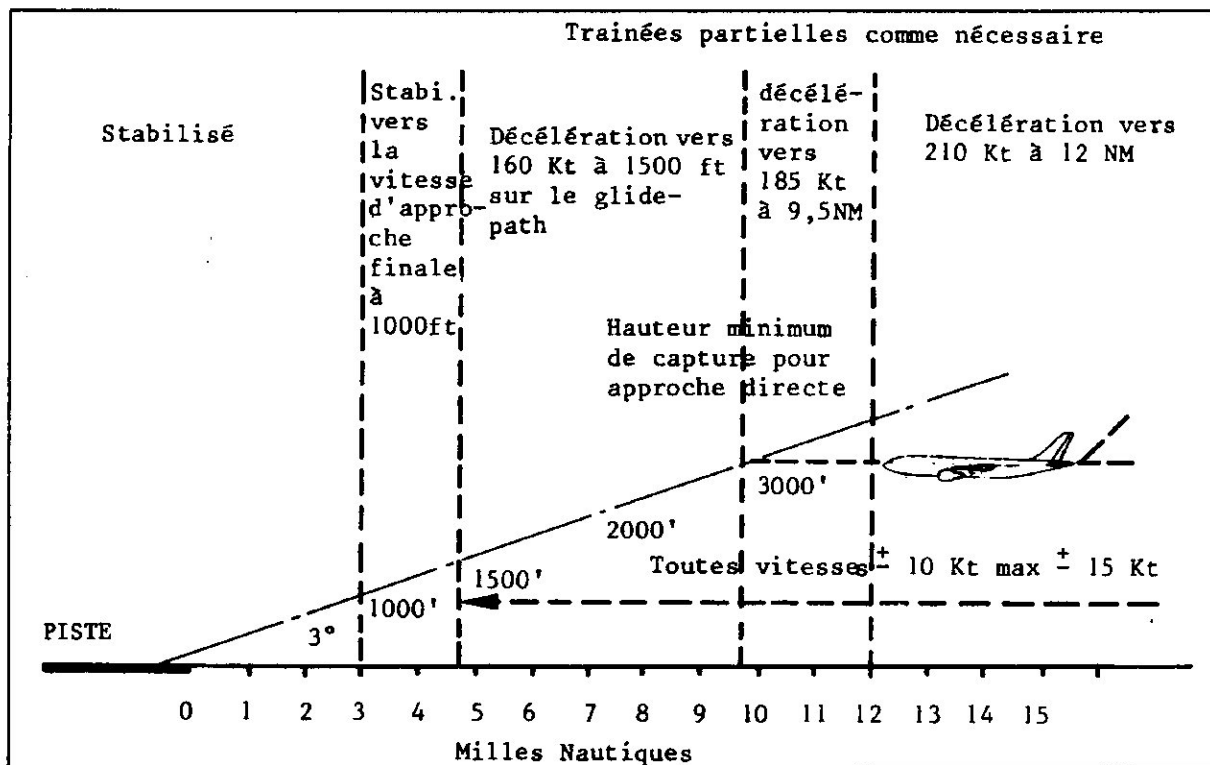


Figure V.18 : procédures et techniques d'approche.

## Conclusion générale

Sur la base de l'étude qu'on a fait, on peut conclure que plusieurs facteurs, liés aux opérations aériennes, rentrent en jeu et visant essentiellement à la réduction de la consommation de carburant.

Les compagnies doivent adapter les procédures prés vol d'une part :

- Roulage ;
- Utilisation de l'APU ;
- Choix d'itinéraire ;
- Position du centre de gravité ;
- Décollage à poussée réduite ;
- Coefficient de dégradation de performance ;
- Transport de carburant.

et procédures en vol d'autre part :

- Montée ;
- Croisière ;
- Descente ;
- Attente ;
- Approche.

Néanmoins, ces procédures de réduction de carburant deviennent des fois caduques devant les exigences des services de contrôle aérien (ATC).

Par ailleurs, il faut prendre également en considération les fluctuations des prix du pétrole, d'où une mise à jour mensuelle est donc nécessaire pour contenir les coûts à des marges acceptables.

## **BIBLIOGRAPHIE**

**OPERATIONS AERIENNES TOME I**  
**Méthodes d'exploitation**  
**3<sup>ème</sup> Edition 1989**

**OPERATIONS AERIENNES TOME II**  
**Méthodes d'exploitation**  
**3<sup>ème</sup> Edition 1989**

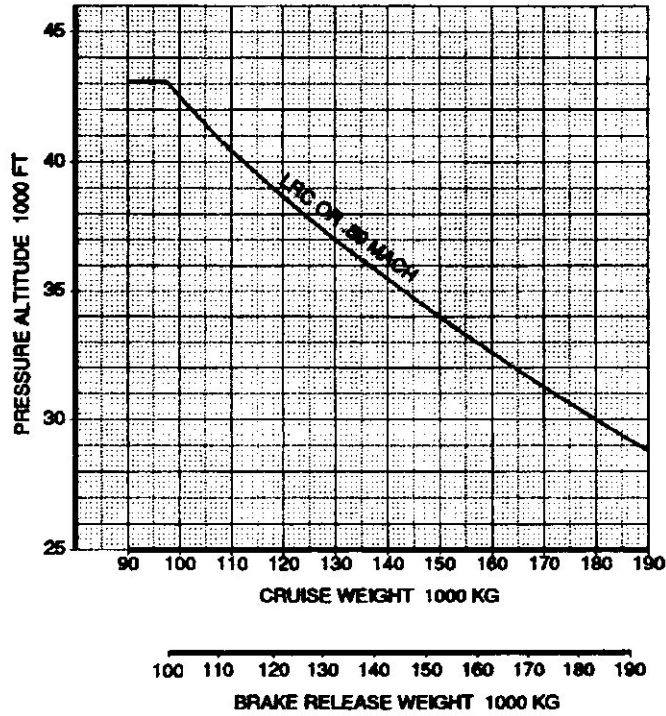
**FLIGHT PLANNING AND PERFORMANCE MANUAL**  
**767-300 CF6-80C2B2F**  
**Revision Number: 2**  
**Revision Date: December 1, 2005**

**WEIGHT AND BALANCE**  
**CONTROL AND LOADING MANUAL**  
**767-300**  
**Boeing Document No. D043T530-ALG1**

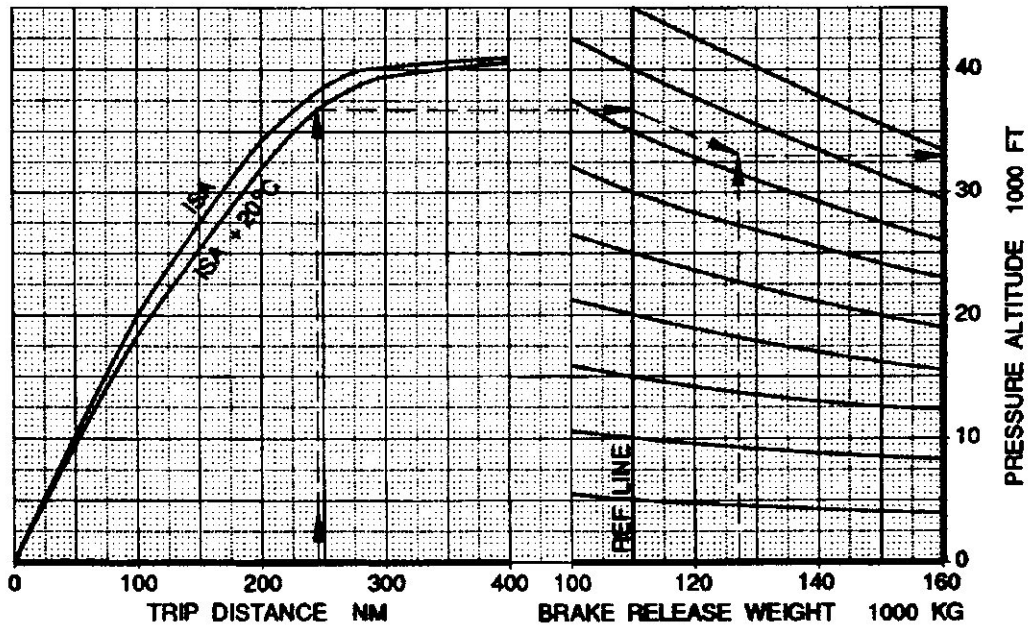


ANZENBERG

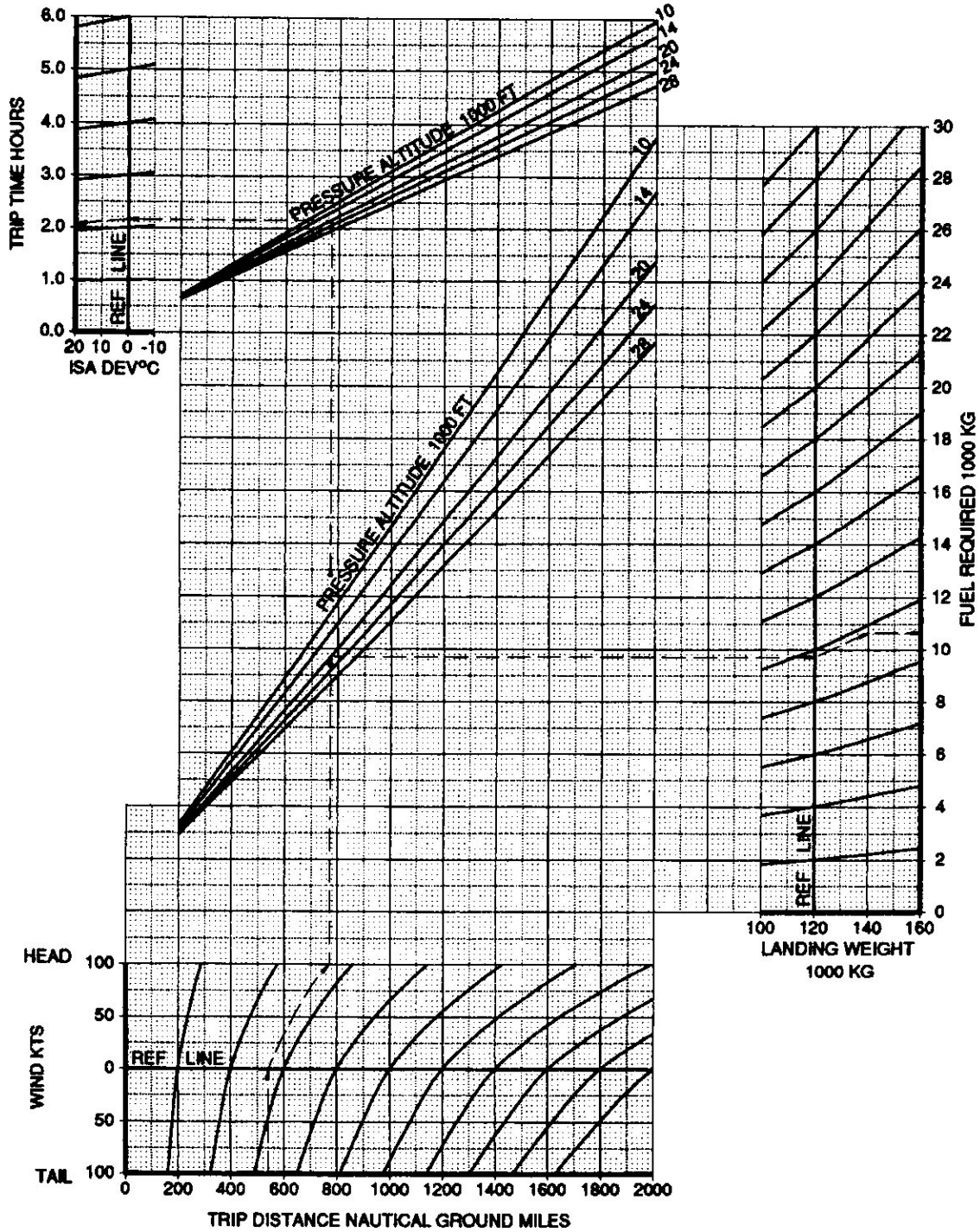
**Optimum Altitude**



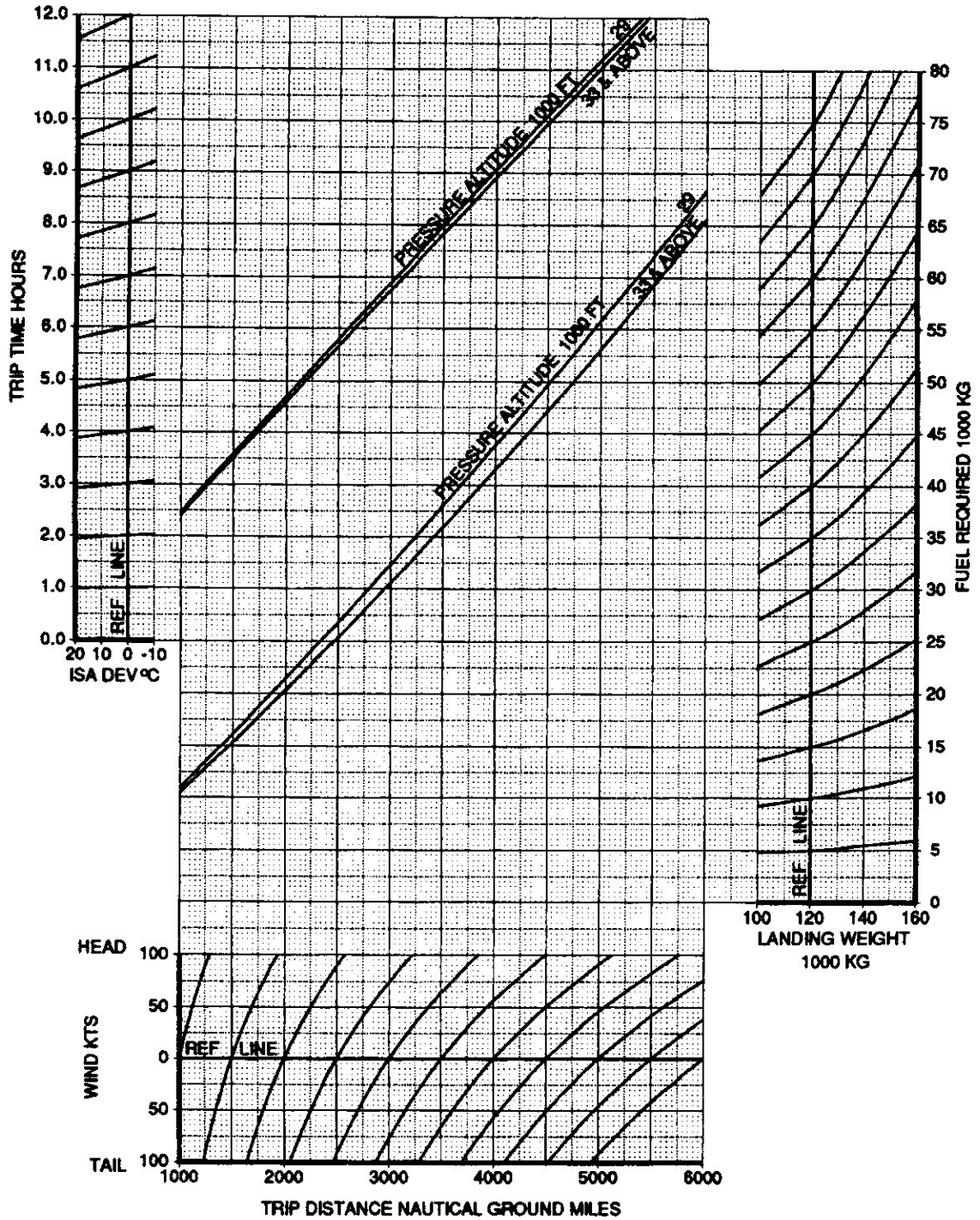
**Short Trip Cruise Altitude**



**Long Range Cruise Trip Fuel and Time**  
0 to 2000 NM Distance  
Based on 290/.78 climb and .78/290/250 descent



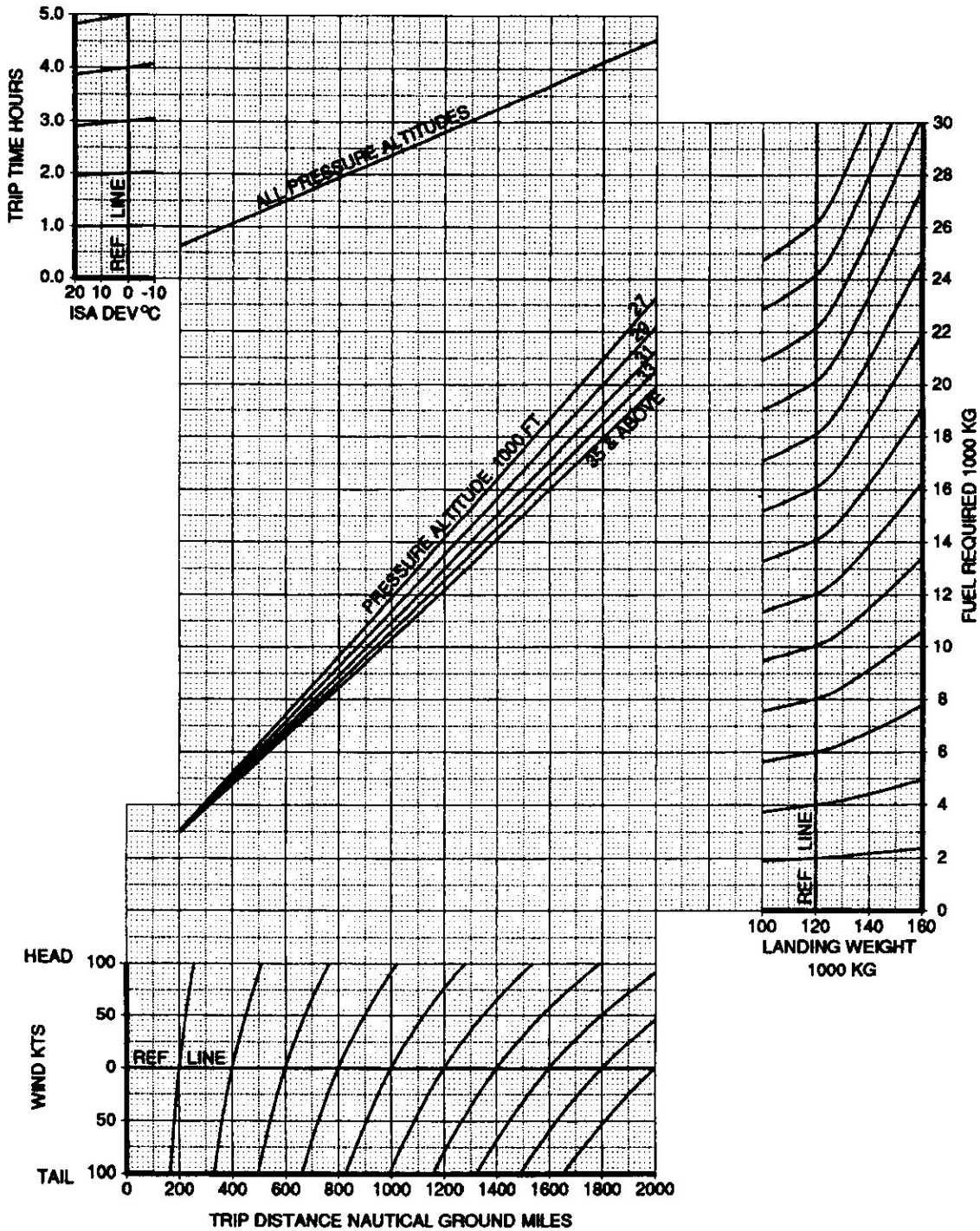
**Long Range Cruise Trip Fuel and Time**  
 1000 to 6000 NM Distance  
 Based on .290/.78 climb and .78/.290/.250 descent



**.80M Trip Fuel and Time**

0 to 2000 NM Distance

Based on 290/.78 climb and .78/290/250 descent

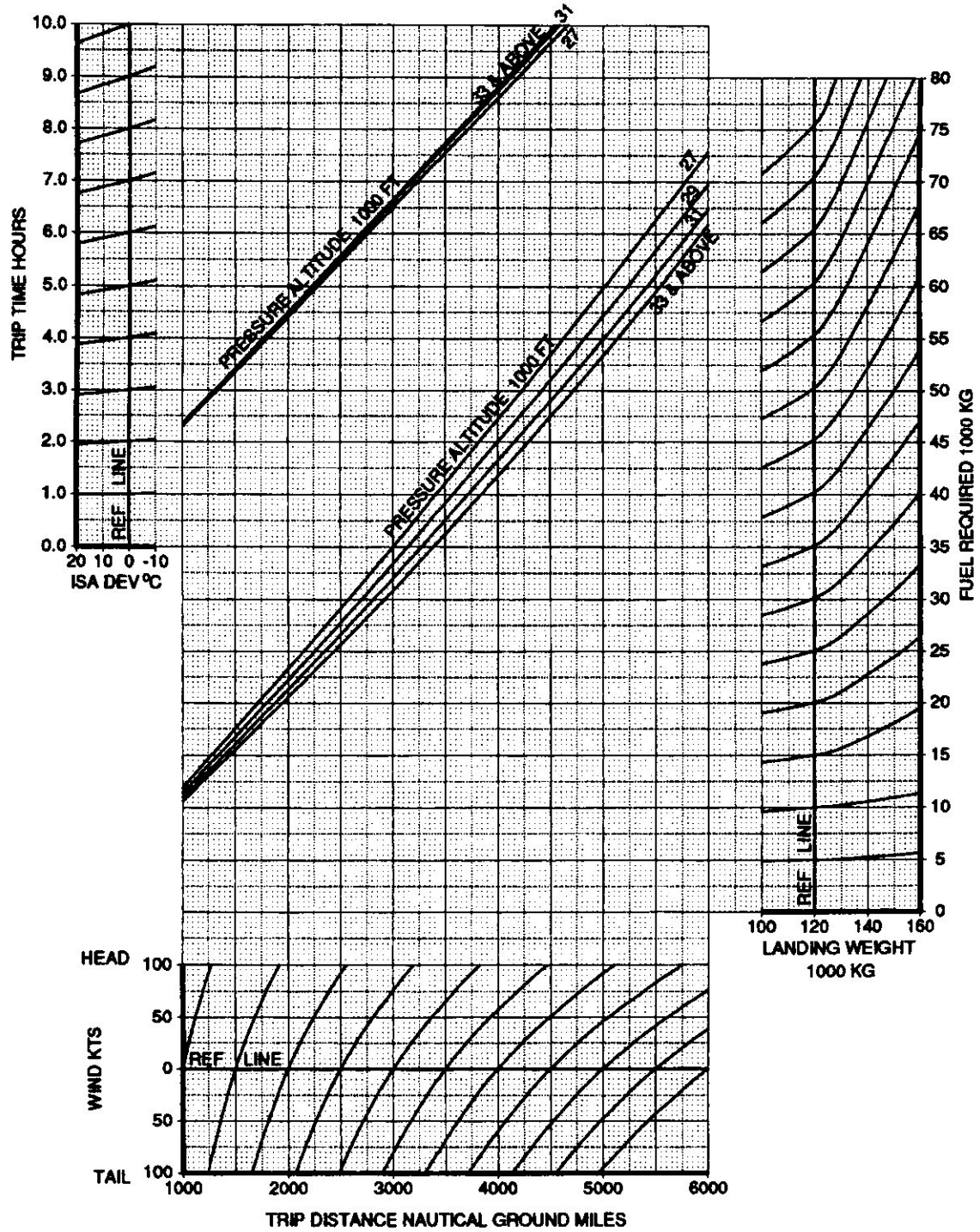




**.80M Trip Fuel and Time**

1000 to 6000 NM Distance

Based on .290/.78 climb and .78/.290/.250 descent



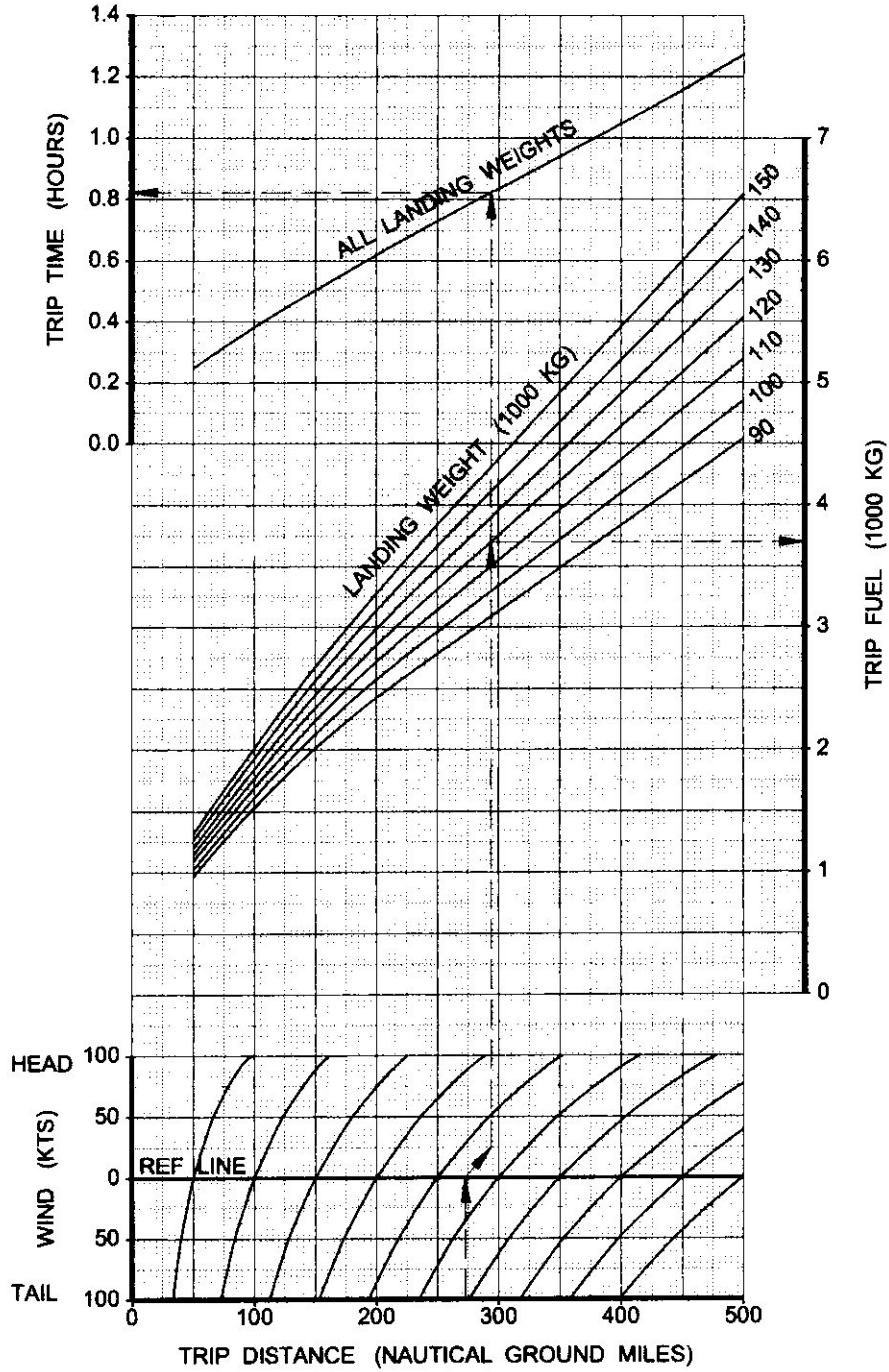




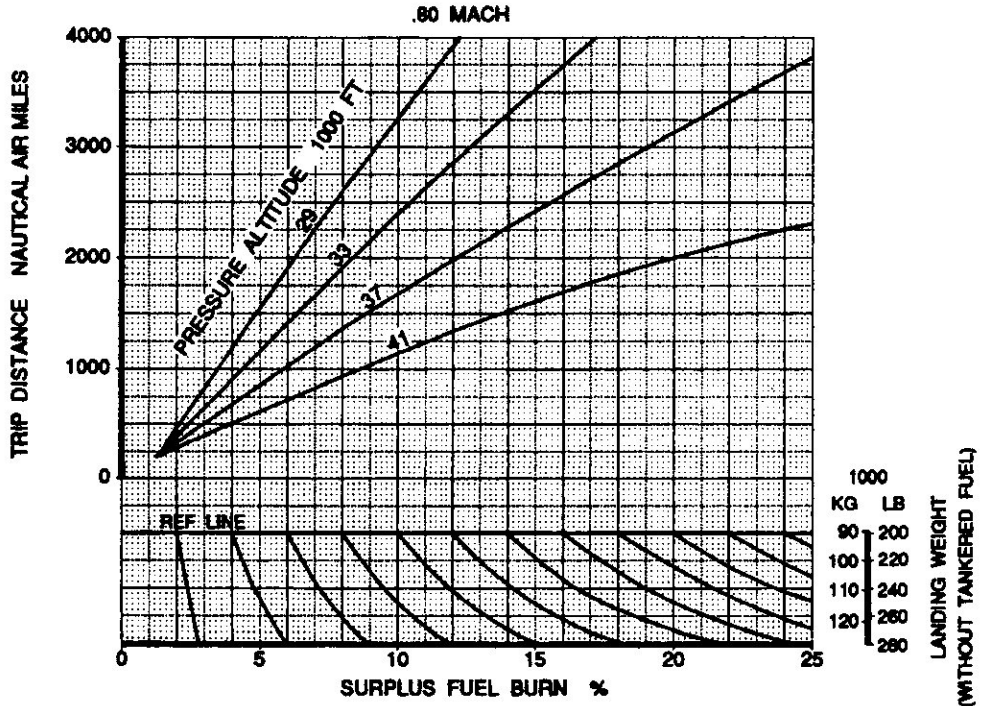
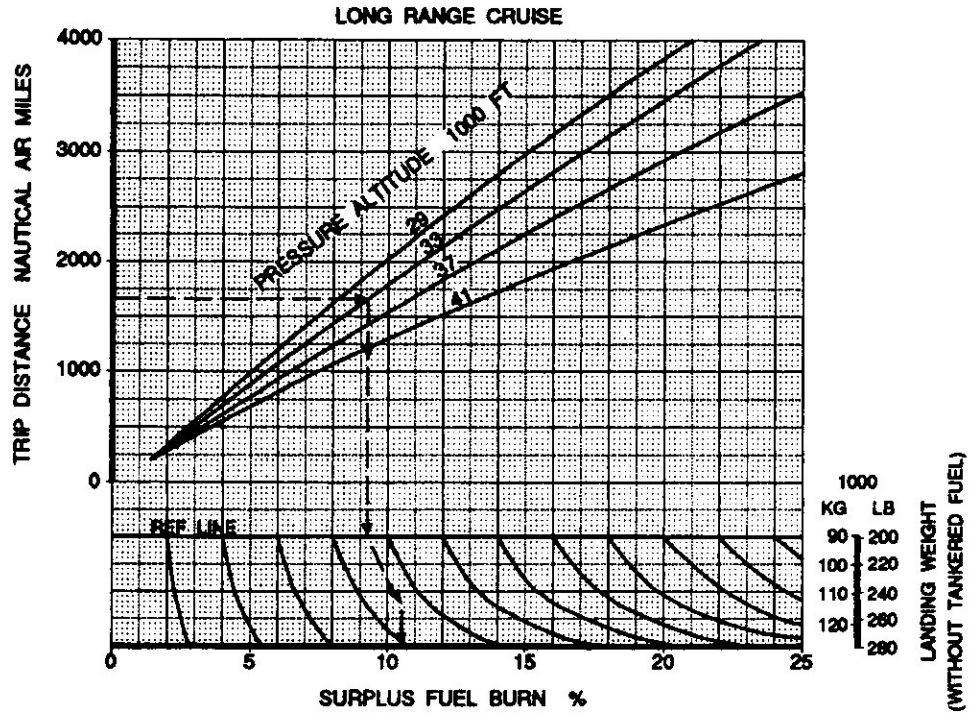
Flight Planning and Performance Manual

**Long Range Cruise Short Trip Fuel and Time**

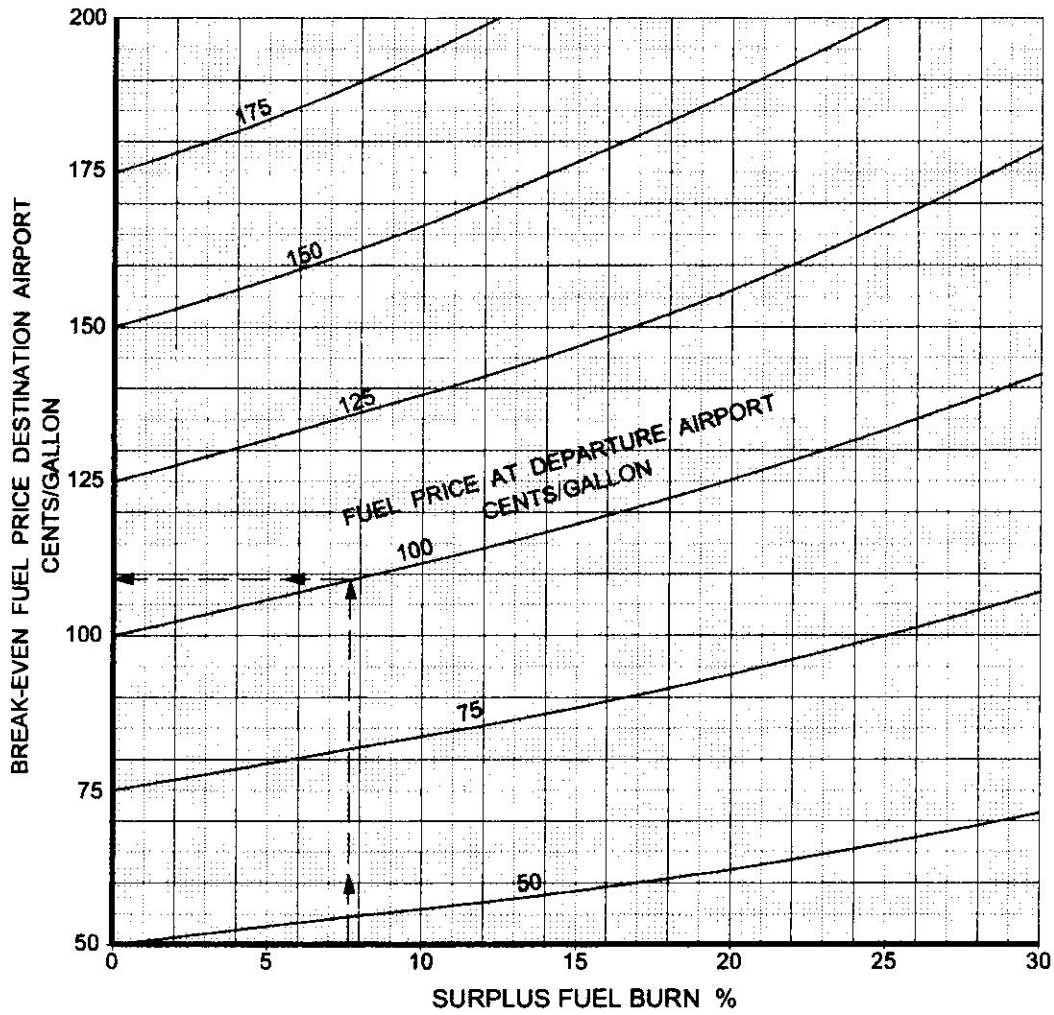
Based on 290/.78 climb, short trip cruise altitude and .78/290/250 descent



**Fuel Tankering**  
 LRC/.80M



**Fuel Tankering**  
**Fuel Price Differential**



**.80M Cruise Table**  
43100 FT to 34000 FT  
EPR  
MAX TAT  
FF/ENG

PRESS ALT 1000 FT	IAS STD TAT TAS	WEIGHT 1000 KG														
		170	165	160	155	150	145	140	135	130	125	120	115	110	105	100
43	226 -29 459											98.0 -17 2101	96.1 -13 1971	94.5 -8 1858	93.2 -4 1759	91.9 0 1670
42	231 -29 459										97.6 -16 2168	95.8 -12 2040	94.3 -8 1929	93.1 -4 1833	91.9 1 1744	90.7 0 1667
41	237 -29 459								99.1 -25 2375	97.1 -15 2231	95.4 -11 2107	94.1 -7 2000	92.9 -3 1904	91.7 1 1817	90.6 1 1741	89.6 0 1679
40	242 -29 459							98.3 -18 2429	96.5 -14 2291	95.0 -10 2172	93.8 -6 2069	92.7 -2 1975	91.6 2 1889	90.5 1 1813	89.6 0 1752	88.8 0 1703
39	248 -29 459					99.4 -22 2634	97.5 -15 2481	95.9 -12 2350	94.6 -8 2236	93.5 -5 2136	92.4 -1 2044	91.3 3 1960	90.3 3 1886	89.4 0 1827	88.7 0 1778	88.1 0 1732
38	254 -29 459				98.4 -16 2670	96.8 -14 2529	95.4 -10 2406	94.2 -6 2299	93.1 -3 2203	92.1 1 2113	91.1 0 2032	90.1 0 1959	89.3 0 1902	88.6 0 1853	88.0 0 1807	87.4 0 1765
37	260 -29 459		99.2 -17 2861	97.5 -14 2708	96.0 -11 2577	94.8 -8 2463	93.7 -4 2361	92.7 -1 2269	91.7 3 2181	90.8 0 2103	89.9 0 2033	89.1 0 1977	88.5 0 1929	87.9 0 1884	87.3 0 1841	86.8 0 1800
36	266 -29 459	98.1 -16 2896	96.6 -13 2755	95.3 -10 2630	94.2 -7 2521	93.3 -3 2425	92.3 0 2336	91.4 3 2251	90.5 0 2175	89.6 0 2108	89.0 0 2056	88.4 0 2008	87.8 0 1962	87.3 0 1920	86.7 0 1879	86.2 0 1839
35	272 -26 461	96.2 -10 2816	95.1 -7 2695	94.1 -4 2593	93.2 0 2503	92.3 3 2414	91.4 6 2333	90.5 3 2259	89.8 0 2197	89.2 0 2146	88.6 0 2098	88.1 0 2053	87.5 0 2011	87.0 0 1969	86.5 0 1929	86.0 0 1891
34	278 -24 463	94.9 -4 2768	94.0 -1 2672	93.2 3 2582	92.3 6 2495	91.4 9 2417	90.6 6 2346	89.9 3 2288	89.4 0 2239	88.8 0 2190	88.3 0 2146	87.8 0 2104	87.3 0 2062	86.8 0 2022	86.3 0 1984	85.9 0 1948

MAX TAT NOT SHOWN WHERE %N1 CAN BE SET IN ISA +30°C CONDITIONS  
INCREASE/DECREASE %N1 REQUIRED BY 1% PER 5°C ABOVE/BELOW STANDARD TAT  
INCREASE/DECREASE FUEL FLOW BY 3% PER 10°C ABOVE/BELOW STANDARD TAT  
INCREASE/DECREASE TAS BY 1 KT PER 1°C ABOVE/BELOW STANDARD TAT  
SHADED AREA APPROXIMATES OPTIMUM ALTITUDE

**TURBULENT AIR PENETRATION**

TARGET SPEED IAS / MACH	PRESS ALT 1000 FT	WEIGHT 1000 KG							
		170	160	150	140	130	120	110	100
290 KIAS/.78	41					96	94	91	89
	37	100	97	94	92	90	88	87	86
	33	93	92	90	89	88	87	86	85
	29	90	89	88	87	86	85	84	83
	25	87	86	85	84	83	82	82	81
	20	83	82	81	80	79	78	77	77
	15	79	78	77	76	75	74	74	73
10	75	74	73	72	71	70	70	69	

A/I BLEED CORRECTION	REDUCE %N1
ENGINE	2.2
ENGINE AND WING	3.4

**MAX CRUISE %N1**

PRESS ALT 1000 FT	TAT DEG C														
	-60	-55	-50	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	
43	94.0	94.9	95.7	96.6	97.4	98.2	99.0	99.8	100.6	100.2	99.0	98.2	97.6	96.9	
42	94.0	94.9	95.7	96.6	97.4	98.2	99.0	99.8	100.6	100.2	99.0	98.2	97.6	96.9	
41	94.0	94.9	95.7	96.6	97.4	98.2	99.1	99.9	100.7	100.2	99.0	98.2	97.6	96.9	
40	94.0	94.9	95.8	96.6	97.4	98.3	99.1	99.9	100.7	100.2	99.0	98.2	97.6	96.9	
39	94.5	95.3	96.2	97.1	97.9	98.7	99.5	100.3	101.1	100.6	99.2	98.4	97.8	97.1	
38	94.9	95.8	96.7	97.5	98.4	99.2	100.0	100.8	101.6	100.9	99.3	98.5	97.9	97.3	
37	95.3	96.2	97.1	98.0	98.8	99.7	100.5	101.3	102.1	101.3	99.5	98.7	98.1	97.4	
36	94.8	95.7	96.6	97.5	98.3	99.2	100.0	100.9	101.6	100.9	99.2	98.5	97.9	97.3	
35	94.0	95.0	95.9	96.8	97.6	98.5	99.4	100.2	101.1	101.9	99.7	98.9	98.3	97.7	
34	92.9	93.9	94.9	95.8	96.7	97.6	98.5	99.4	100.3	101.2	100.5	99.2	98.6	98.1	



Flight Planning and Performance Manual

**.80M Cruise Table**  
**33000 FT to 24000 FT**  
 EPR  
 MAX TAT  
 FF/ENG

PRESS ALT 1000 FT	IAS STD TAT TAS	WEIGHT 1000 KG														
		170	165	160	155	150	145	140	135	130	125	120	115	110	105	100
33	284 -22 465	93.9 2 2753	93.1 6 2661	92.2 9 2578	91.4 9 2505	90.7 2436	90.1 2382	89.6 2333	89.0 2286	88.5 2242	88.1 2199	87.6 2157	87.1 2117	86.6 2079	86.2 2043	85.8 2010
32	291 -20 467	92.9 9 2743	92.2 11 2664	91.4 11 2591	90.8 2530	90.2 2479	89.7 2431	89.2 2384	88.8 2340	88.3 2297	87.8 2255	87.4 2216	86.9 2177	86.5 2141	86.1 2107	85.8 2077
31	297 -17 469	92.1 14 2752	91.4 2684	90.8 2628	90.4 2579	89.9 2530	89.4 2484	89.0 2441	88.5 2398	88.1 2356	87.6 2316	87.2 2278	86.8 2242	86.4 2208	86.1 2177	85.8 2149
30	304 -15 471	91.4 2782	90.9 2730	90.5 2681	90.0 2633	89.6 2588	89.2 2544	88.7 2501	88.3 2460	87.9 2420	87.5 2382	87.1 2346	86.7 2312	86.4 2281	86.1 2252	85.8 2226
29	311 -13 473	91.0 2835	90.6 2785	90.2 2737	89.8 2693	89.3 2650	88.9 2607	88.5 2566	88.1 2526	87.7 2488	87.4 2452	87.0 2419	86.7 2388	86.4 2359	86.2 2332	85.9 2306
28	317 -11 476	90.7 2891	90.3 2845	89.9 2801	89.5 2758	89.1 2715	88.7 2675	88.3 2635	88.0 2598	87.6 2562	87.3 2529	87.0 2498	86.7 2469	86.5 2442	86.2 2416	86.0 2391
27	324 -8 478	90.4 2956	90.0 2912	89.7 2869	89.3 2828	88.9 2787	88.5 2748	88.2 2711	87.9 2676	87.6 2643	87.3 2612	87.0 2583	86.8 2556	86.5 2530	86.3 2504	86.0 2480
26	331 -6 480	90.2 3028	89.8 2985	89.4 2944	89.1 2904	88.7 2865	88.4 2828	88.1 2793	87.8 2761	87.5 2730	87.3 2701	87.0 2674	86.8 2648	86.6 2623	86.3 2598	86.1 2576
25	338 -4 482	89.9 3107	89.6 3066	89.3 3026	88.9 2988	88.6 2951	88.3 2917	88.1 2884	87.8 2854	87.6 2825	87.3 2798	87.1 2772	86.8 2746	86.6 2722	86.4 2699	86.2 2680
24	345 -2 484	89.7 3195	89.4 3155	89.1 3117	88.8 3081	88.6 3047	88.3 3015	88.1 2985	87.8 2956	87.6 2929	87.4 2903	87.1 2877	86.9 2852	86.7 2830	86.5 2810	86.4 2795

MAX TAT NOT SHOWN WHERE %N1 CAN BE SET IN ISA + 30°C CONDITIONS  
 INCREASE/DECREASE %N1 REQUIRED BY 1% PER 5°C ABOVE/BELOW STANDARD TAT  
 INCREASE/DECREASE FUEL FLOW BY 3% PER 10°C ABOVE/BELOW STANDARD TAT  
 INCREASE/DECREASE TAS BY 1 KT PER 1°C ABOVE/BELOW STANDARD TAT  
 SHADED AREA APPROXIMATES OPTIMUM ALTITUDE

**TURBULENT AIR PENETRATION**

TARGET SPEED IAS / MACH	PRESS ALT 1000 FT	WEIGHT 1000 KG							
		170	160	150	140	130	120	110	100
290 KIAS/.78	41					96	94	91	89
	37	100	97	94	92	90	88	87	86
	33	93	92	90	89	88	87	86	85
	29	90	89	88	87	86	85	84	83
	25	87	86	85	84	83	82	82	81
	20	83	82	81	80	79	78	77	77
	15	79	78	77	76	75	74	74	73
10	75	74	73	72	71	70	70	69	

AI BLEED CORRECTION	REDUCE %N <sub>1</sub>
ENGINE	1.3
ENGINE AND WING	2.0

**MAX CRUISE %N<sub>1</sub>**

PRESS ALT 1000 FT	TAT DEG C													
	-45	-40	-35	-30	-25	-20	-15	-10	-5	0	5	10	15	20
33	94.9	95.8	96.8	97.7	98.6	99.5	100.4	101.0	99.5	98.9	98.3	97.8	97.1	96.4
32	93.9	94.9	95.9	96.9	97.8	98.7	99.7	100.6	100.1	99.2	98.6	98.1	97.5	96.8
31	93.0	94.0	95.0	96.0	97.0	97.9	98.9	99.8	100.4	99.5	98.9	98.4	97.9	97.3
30	92.1	93.2	94.2	95.2	96.2	97.2	98.2	99.1	100.1	99.8	99.2	98.6	98.1	97.6
29	91.6	92.6	93.6	94.6	95.6	96.6	97.6	98.5	99.5	99.9	99.3	98.8	98.2	97.6
28	91.1	92.1	93.1	94.1	95.1	96.1	97.0	98.0	98.9	99.9	99.4	98.9	98.2	97.6
27	90.6	91.6	92.6	93.6	94.6	95.5	96.5	97.4	98.4	99.3	99.6	99.0	98.3	97.7
26	90.1	91.1	92.1	93.1	94.0	95.0	96.0	96.9	97.8	98.8	99.7	99.0	98.4	97.7
25	89.6	90.6	91.5	92.5	93.5	94.5	95.4	96.4	97.3	98.2	99.1	99.2	98.4	97.8
24	89.1	90.1	91.1	92.0	93.0	93.9	94.9	95.8	96.7	97.7	98.6	99.3	98.5	97.8

**Wind-Altitude Trade**

**LONG RANGE CRUISE**

PRESSURE ALTITUDE 1000 FT	CRUISE WEIGHT 1000 KG													
	190	180	170	160	150	140	135	130	125	120	115	110	105	100
43									46	30	18	9	3	1
41								38	25	15	7	3	1	3
39					42	19	11	5	2	0	1	3	6	12
37				30	13	3	1	0	1	3	7	12	17	24
35		38	19	7	1	1	2	5	8	13	18	24	31	38
33	24	11	4	0	2	6	10	14	19	25	31	38	45	53
31	5	1	1	3	9	17	22	27	33	39	46	53	60	68
29	0	2	5	11	20	29	35	41	47	53	60	67	74	81
27	4	8	15	23	33	43	49	55	61	67	74	80	87	94
25	12	19	27	36	46	57	63	68	74	80	86	93	99	105
23	23	31	40	50	60	70	76	81	87	93	98	104	110	115

**.80M CRUISE**

PRESSURE ALTITUDE 1000 FT	CRUISE WEIGHT 1000 KG													
	190	180	170	160	150	140	135	130	125	120	115	110	105	100
43														
41						45	34	24	16	9	4	1	1	3
39					37	20	13	7	3	1	1	3	7	14
37				28	14	5	2	1	1	4	8	15	24	35
35		34	20	9	2	1	2	5	10	16	25	35	48	63
33	24	13	5	1	1	7	12	19	27	37	49	63	79	87
31	7	2	1	3	10	23	31	40	52	65	79	96	114	134
29	1	2	6	14	27	45	56	68	82	97	114	132	152	174
27	4	10	20	33	51	74	87	101	117	133	152	171		
25	15	26	41	59	80	106	121	137	154	172	191			
23	34	49	67	88	113	142	158	175						

ABOVE WIND FACTOR TABLES ARE FOR CALCULATION OF WIND REQUIRED TO MAINTAIN PRESENT RANGE CAPABILITY AT NEW PRESSURE ALTITUDE, I.E. BREAK-EVEN WIND.

**METHOD:**

1. READ WIND FACTORS FOR PRESENT AND NEW ALTITUDES FROM TABLE.
2. DETERMINE DIFFERENCE (NEW ALTITUDE WIND FACTOR MINUS PRESENT ALTITUDE WIND FACTOR); THIS DIFFERENCE MAY BE POSITIVE OR NEGATIVE.
3. BREAK-EVEN WIND AT NEW ALTITUDE IS PRESENT ALTITUDE WIND PLUS DIFFERENCE FROM STEP 2.

EXAMPLE: LRC AT 33000 FT, 130000 KG, PRESENT WIND -20 KTS (HEADWIND)

TO FIND BREAK-EVEN WIND FOR A) CLIMB TO 37000 FT  
B) DESCENT TO 29000 FT

- A) WIND FACTORS FROM LRC TABLE AT 130000 KG ARE 14 (33000 FT) AND 0 (37000 FT). DIFFERENCE IS -14 SO BREAK-EVEN WIND IS -20 PLUS (-14), I.E. -34 KTS (HEADWIND).
- B) SIMILARLY WIND FACTORS ARE 14 (33000 FT) AND 41 (29000 FT). DIFFERENCE IS +27 SO BREAK-EVEN WIND IS -20 PLUS (+27), I.E. +7 KTS (TAILWIND).



ALGER-CAIRE

ETAPES	OUT	OFF	ON	IN	Temps de roulage OFF-OUT	Temps de roulage IN-ON	TEMPS DE ROULAGE
1	08:47:00	08:53:00	12:13:00	12:19:00	00:06:00	00:06:00	00:12:00
2	08:42	08:54	12:12	12:18:00	00:12:00	00:06:00	00:18:00
3	08:45	08:50	12:24	12:33:00	00:05:00	00:09:00	00:14:00
4	08:57	09:07	12:37	12:43:00	00:10:00	00:06:00	00:16:00
5	09:10	09:23	12:58	13:12:00	00:13:00	00:14:00	00:27:00
6	08:41	08:52	12:10	12:20:00	00:11:00	00:10:00	00:21:00
7	10:10	10:16	13:35	13:49:00	00:06:00	00:14:00	00:20:00
8	09:10	09:19	12:42	12:49:00	00:09:00	00:07:00	00:16:00
9	08:37	08:51	12:06	12:16:00	00:14:00	00:10:00	00:24:00
10	08:37	08:46	12:09	12:17:00	00:09:00	00:08:00	00:17:00
11	08:41	08:53	12:08	12:16:00	00:12:00	00:08:00	00:20:00
12	08:47	08:59	12:11	12:21:00	00:12:00	00:10:00	00:22:00
13	09:09	09:25	12:50	12:55:00	00:16:00	00:05:00	00:21:00
14	09:43	09:53	13:26	13:35:00	00:10:00	00:09:00	00:19:00
15	10:47	11:00	14:25	14:34:00	00:13:00	00:09:00	00:22:00
16	08:45	09:01	12:20	12:30:00	00:16:00	00:10:00	00:26:00
17	08:32	08:44	11:56	12:05:00	00:12:00	00:09:00	00:21:00
18	09:14	09:23	12:46	12:53:00	00:09:00	00:07:00	00:16:00
19	09:43	10:11	13:37	13:45:00	00:28:00	00:08:00	00:36:00
20	09:40	09:50	13:19	13:31:00	00:10:00	00:12:00	00:22:00
<b>MOYENNE</b>					00:11:39	00:08:51	00:20:30

ALG-CMN

ETAPES	OUT	OFF	ON	IN	Temps de roulage OFF-OUT	Temps de roulage IN-ON	TEMPS DE ROULAGE
1	12:37:00	12:42:00	14:08:00	14:12:00	00:05:00	00:04:00	00:09:00
2	09:16	09:25	11:04	11:12:00	00:09:00	00:08:00	00:17:00
3	12:23	12:31	14:10	14:18:00	00:08:00	00:08:00	00:16:00
4	09:09	09:27	11:12	11:21:00	00:18:00	00:09:00	00:27:00
5	15:17	15:29	17:15	17:20:00	00:12:00	00:05:00	00:17:00
6	09:27	09:32	11:10	11:14:00	00:05:00	00:04:00	00:09:00
7	09:18	09:31	11:14	11:19:00	00:13:00	00:05:00	00:18:00
8	12:05	12:15	13:56	14:01:00	00:10:00	00:05:00	00:15:00
9	09:43	09:48	11:17	11:25:00	00:05:00	00:08:00	00:13:00
10	09:33	09:43	11:22	11:29:00	00:10:00	00:07:00	00:17:00
11	13:37	13:44	15:16	15:21:00	00:07:00	00:05:00	00:12:00
12	09:00	09:09	10:44	10:50:00	00:09:00	00:06:00	00:15:00
13	09:16	09:26	11:23	11:29:00	00:10:00	00:06:00	00:16:00
14	14:21	14:26	16:07	16:14:00	00:05:00	00:07:00	00:12:00
15	09:14	09:26	11:11	11:16:00	00:12:00	00:05:00	00:17:00
16	09:24	09:30	11:09	11:15:00	00:06:00	00:06:00	00:12:00
17	09:13	09:18	11:00	11:06:00	00:05:00	00:06:00	00:11:00
18	13:57	14:02	15:26	15:32:00	00:05:00	00:06:00	00:11:00
19	09:10	09:24	11:01	11:06:00	00:14:00	00:05:00	00:19:00
20	09:05	09:16	10:53	11:00:00	00:11:00	00:07:00	00:18:00
MOYENNE					00:08:57	00:06:06	00:15:03

ALGER-CONSTANTINE

ETAPES	Temps de roulage			Temps de roulage		TEMPES DE ROULAGE	
	OUT	OFF	ON	IN	OFF-OUT		IN-ON
1	15:32:00	15:41:00	16:16:00	16:21:00	00:09:00	00:05:00	00:14:00
2	15:25	15:28	16:02	16:05:00	00:03:00	00:03:00	00:06:00
3	17:33	17:37	18:16	18:19:00	00:04:00	00:03:00	00:07:00
4	15:05	15:11	15:46	15:50:00	00:06:00	00:04:00	00:10:00
5	15:59	16:10	16:45	16:52:00	00:11:00	00:07:00	00:18:00
6	15:41	15:47	16:22	16:26:00	00:06:00	00:04:00	00:10:00
7	18:00	18:07	18:41	18:45:00	00:07:00	00:04:00	00:11:00
8	14:28	14:32	15:04	15:08:00	00:04:00	00:04:00	00:08:00
9	21:42	21:53	22:26	22:31:00	00:11:00	00:05:00	00:16:00
10	14:47	14:54	15:27	15:31:00	00:07:00	00:04:00	00:11:00
11	15:53	16:01	16:38	16:43:00	00:08:00	00:05:00	00:13:00
12	16:35	16:51	17:26	17:31:00	00:16:00	00:05:00	00:21:00
13	15:10	15:21	15:56	16:03:00	00:11:00	00:07:00	00:18:00
14	15:37	15:45	16:19	16:24:00	00:08:00	00:05:00	00:13:00
15	06:22	06:30	07:04	07:09:00	00:08:00	00:05:00	00:13:00
16	06:35	06:43	07:20	07:25:00	00:08:00	00:05:00	00:13:00
17	07:29	07:40	08:12	08:22:00	00:11:00	00:10:00	00:21:00
18	06:38	06:42	07:16	07:19:00	00:04:00	00:03:00	00:07:00
19	06:30	06:35	07:11	07:15:00	00:05:00	00:04:00	00:09:00
20	06:32	06:36	07:13	07:18:00	00:04:00	00:05:00	00:09:00
<b>MOYENNE</b>					00:07:33	00:04:51	00:12:24

**ALGER-HASSI MESSAOUD**

ETAPES	OUT	OFF	ON	IN	Temps de roulage		TEMPS DE ROULAGE
					OFF-OUT	IN-ON	
1	19:10:00	19:15:00	20:09:00	20:13:00	00:05:00	00:04:00	00:09:00
2	18:28	18:37	19:31	19:35:00	00:09:00	00:04:00	00:13:00
3	18:03	18:15	19:08	19:12:00	00:12:00	00:04:00	00:16:00
4	20:06	20:14	21:21	21:24:00	00:08:00	00:03:00	00:11:00
5	19:15	19:19	20:27	20:32:00	00:04:00	00:05:00	00:09:00
6	16:06	16:24	17:37	17:43:00	00:18:00	00:06:00	00:24:00
7	19:11	19:20	20:24	20:28:00	00:09:00	00:04:00	00:13:00
8	19:17	19:27	20:26	20:31:00	00:10:00	00:05:00	00:15:00
9	18:20	18:33	19:33	19:42:00	00:13:00	00:09:00	00:22:00
10	20:22	20:27	21:31	21:36:00	00:05:00	00:05:00	00:10:00
11	05:52	05:57	06:59	07:03:00	00:05:00	00:04:00	00:09:00
12	18:47	18:56	19:54	20:01:00	00:09:00	00:07:00	00:16:00
13	20:32	20:39	21:34	21:39:00	00:07:00	00:05:00	00:12:00
14	19:29	20:04	20:57	21:04:00	00:35:00	00:07:00	00:42:00
15	19:13:00	19:18	20:14	20:16:00	00:05:00	00:02:00	00:07:00
16	18:01	18:22	19:16	19:24:00	00:21:00	00:08:00	00:29:00
17	18:09	18:14	19:15	19:19:00	00:05:00	00:04:00	00:09:00
18	18:48	19:02	19:59	20:05:00	00:14:00	00:06:00	00:20:00
19	18:14	18:24	19:17	19:26:00	00:10:00	00:09:00	00:19:00
20	15:49	15:53	17:49	17:54:00	00:04:00	00:05:00	00:09:00
<b>MOYENNE</b>					00:10:24	00:05:18	00:15:42

**ALGER-LYON**

<b>ETAPES</b>	<b>OUT</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>	<b>IN</b>	<b>Temps de roulage OFF-OUT</b>	<b>Temps de roulage IN-ON</b>	<b>TEMPS DE ROULAGE</b>
<b>1</b>	09:10:00	09:18:00	10:45:00	10:50:00	00:08:00	00:05:00	00:13:00
<b>2</b>	09:18	09:26	10:54	11:02:00	00:08:00	00:08:00	00:16:00
<b>3</b>	09:38	09:50	11:22	11:28:00	00:12:00	00:06:00	00:18:00
<b>4</b>	09:06	09:16	10:45	10:50:00	00:10:00	00:05:00	00:15:00
<b>5</b>	09:38	09:41	11:05	11:14:00	00:03:00	00:09:00	00:12:00
<b>6</b>	09:02	09:08	10:38	10:43:00	00:06:00	00:05:00	00:11:00
<b>7</b>	09:06	09:16	10:38	10:45:00	00:10:00	00:07:00	00:17:00
<b>8</b>	09:23	09:34	10:56	11:04:00	00:11:00	00:08:00	00:19:00
<b>9</b>	09:13	09:24	10:56	11:03:00	00:11:00	00:07:00	00:18:00
<b>10</b>	14:29	14:40	16:14	16:23:00	00:11:00	00:09:00	00:20:00
<b>11</b>	09:41	09:55	11:20	11:28:00	00:14:00	00:08:00	00:22:00
<b>12</b>	11:34	11:48	13:10	13:17:00	00:14:00	00:07:00	00:21:00
<b>13</b>	13:53	14:01	15:33	15:38:00	00:08:00	00:05:00	00:13:00
<b>14</b>	09:11	09:21	10:50	10:59:00	00:10:00	00:09:00	00:19:00
<b>15</b>	09:02	09:07	10:40	10:45:00	00:05:00	00:05:00	00:10:00
<b>16</b>	10:06	10:14	11:40	11:45:00	00:08:00	00:05:00	00:13:00
<b>17</b>	09:30	09:39	11:03	11:08:00	00:09:00	00:05:00	00:14:00
<b>18</b>	10:49	11:11	12:43	12:48:00	00:22:00	00:05:00	00:27:00
<b>19</b>	09:21	09:26	11:00	11:06:00	00:05:00	00:06:00	00:11:00
<b>20</b>	09:15	09:29	10:59	11:08:00	00:14:00	00:09:00	00:23:00
<b>MOYENNE</b>					00:09:57	00:06:39	00:16:36

ALGER-MARSEILLE

<b>ETAPES</b>	<b>OUT</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>	<b>IN</b>	<b>Temps de roulage OFF-OUT</b>	<b>Temps de roulage IN-ON</b>	<b>TEMPS DE ROULAGE</b>
1	08:34:00	08:45:00	09:56:00	10:01:00	00:11:00	00:05:00	00:16:00
2	11:23	11:30	12:34	12:41:00	00:07:00	00:07:00	00:14:00
3	08:47	08:56	10:01	10:07:00	00:09:00	00:06:00	00:15:00
4	10:58	11:06	12:13	12:19:00	00:08:00	00:06:00	00:14:00
5	14:36	14:42	15:49	15:53:00	00:06:00	00:04:00	00:10:00
6	10:47	10:57	12:04	12:09:00	00:10:00	00:05:00	00:15:00
7	10:49	10:54	12:06	12:11:00	00:05:00	00:05:00	00:10:00
8	12:42	12:49	13:59	14:04:00	00:07:00	00:05:00	00:12:00
9	11:23	11:28	12:33	12:38:00	00:05:00	00:05:00	00:10:00
10	11:04	11:11	12:22	12:28:00	00:07:00	00:06:00	00:13:00
11	09:00	09:05	10:13	10:18:00	00:05:00	00:05:00	00:10:00
12	09:45	09:50	11:01	11:07:00	00:05:00	00:06:00	00:11:00
13	08:57	09:11	10:20	10:25:00	00:14:00	00:05:00	00:19:00
14	09:41	09:53	10:59	11:08:00	00:12:00	00:09:00	00:21:00
15	10:58	11:07	12:14	12:20:00	00:09:00	00:06:00	00:15:00
16	08:58	09:08	09:29	09:36:00	00:10:00	00:07:00	00:17:00
17	08:53	09:02	10:14	10:22:00	00:09:00	00:08:00	00:17:00
18	10:23	10:45	11:50	11:57:00	00:22:00	00:07:00	00:29:00
19	08:58	09:10	10:20	10:25:00	00:12:00	00:05:00	00:17:00
20	11:04	11:11	12:17	12:27:00	00:07:00	00:10:00	00:17:00
<b>MOYENNE</b>					<b>00:09:00</b>	<b>00:06:06</b>	<b>00:15:06</b>



ALGER-ORAN

ETAPES	OUT	OFF	ON	IN	Temps de roulage OFF-OUT	Temps de roulage IN-ON	TEMPS DE ROULAGE
1	05:53:00	06:07:00	06:46:00	06:57:00	00:14:00	00:11:00	00:25:00
2	19:42	19:48	20:25	20:32:00	00:06:00	00:07:00	00:13:00
3	15:25	15:32	16:13	16:22:00	00:07:00	00:09:00	00:16:00
4	19:48	19:58	20:37	20:46:00	00:10:00	00:09:00	00:19:00
5	19:43	19:53	20:31	20:37:00	00:10:00	00:06:00	00:16:00
6	16:00	16:05	16:46	16:55:00	00:05:00	00:09:00	00:14:00
7	20:48	21:00	21:38	21:52:00	00:12:00	00:14:00	00:26:00
8	19:26	19:37	20:12	20:21:00	00:11:00	00:09:00	00:20:00
9	13:53	14:01	14:55	15:04:00	00:08:00	00:09:00	00:17:00
10	19:22	19:36	20:14	20:25:00	00:14:00	00:11:00	00:25:00
11	15:20	15:27	16:02	16:12:00	00:07:00	00:10:00	00:17:00
12	20:35	20:44	21:22	21:28:00	00:09:00	00:06:00	00:15:00
13	20:30	20:36	21:14	21:22:00	00:06:00	00:08:00	00:14:00
14	14:28	14:32	15:11	15:18:00	00:04:00	00:07:00	00:11:00
15	05:54	06:06	06:44	06:53:00	00:12:00	00:09:00	00:21:00
16	18:41	18:55	19:33	19:43:00	00:14:00	00:10:00	00:24:00
17	14:05	14:14	14:57	15:04:00	00:09:00	00:07:00	00:16:00
18	19:32	19:41	20:21	20:29:00	00:09:00	00:08:00	00:17:00
19	19:59	20:08	20:47	20:56:00	00:09:00	00:09:00	00:18:00
20	15:31	15:37	16:19	16:28:00	00:06:00	00:09:00	00:15:00
<b>MOYENNE</b>					00:09:06	00:08:51	00:17:57

**CONSTANTINE-MARSEILLE**

<b>ETAPES</b>	<b>OUT</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>	<b>IN</b>	<b>Temps de roulage OFF-OUT</b>	<b>Temps de roulage IN-ON</b>	<b>TEMPS DE ROULAGE</b>
<b>1</b>	07:24:00	07:28:00	08:39:00	08:44:00	00:04:00	00:05:00	00:09:00
<b>2</b>	07:41	07:48	09:08	09:15:00	00:07:00	00:07:00	00:14:00
<b>3</b>	07:34	07:38	08:46	08:55:00	00:04:00	00:09:00	00:13:00
<b>4</b>	07:23	07:34	08:44	08:50:00	00:11:00	00:06:00	00:17:00
<b>5</b>	07:38	07:48	09:10	09:17:00	00:10:00	00:07:00	00:17:00
<b>6</b>	07:38	07:47	08:55	09:01:00	00:09:00	00:06:00	00:15:00
<b>7</b>	13:11	13:24	14:32	14:38:00	00:13:00	00:06:00	00:19:00
<b>8</b>	15:40	15:44	16:57	17:01:00	00:04:00	00:04:00	00:08:00
<b>9</b>	07:21	07:34	08:44	08:53:00	00:13:00	00:09:00	00:22:00
<b>10</b>	07:29	07:34	08:44	08:50:00	00:05:00	00:06:00	00:11:00
<b>11</b>	07:29	07:36	08:55	09:02:00	00:07:00	00:07:00	00:14:00
<b>12</b>	07:38	07:49	09:04	09:11:00	00:11:00	00:07:00	00:18:00
<b>13</b>	16:10	16:15	17:30	17:35:00	00:05:00	00:05:00	00:10:00
<b>14</b>	07:43	07:50	09:06	09:11:00	00:07:00	00:05:00	00:12:00
<b>15</b>	13:18	13:23	14:34	14:39:00	00:05:00	00:05:00	00:10:00
<b>16</b>	13:18	13:23	14:34	14:39:00	00:05:00	00:05:00	00:10:00
<b>17</b>	07:31	07:40	08:51	08:57:00	00:09:00	00:06:00	00:15:00
<b>18</b>	07:15	07:23	08:46	08:51:00	00:08:00	00:05:00	00:13:00
<b>19</b>	07:14	07:25	08:39	08:44:00	00:11:00	00:05:00	00:16:00
<b>20</b>	12:34	12:45	13:28	13:33:00	00:11:00	00:05:00	00:16:00
<b>MOYENNE</b>	07:24:00	07:28:00	08:39:00	08:44:00	00:04:00	00:05:00	00:09:00

CONSTANTINE-ORLY

<b>ETAPES</b>	<b>OUT</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>	<b>IN</b>	<b>Temps de roulage OFF-OUT</b>	<b>Temps de roulage IN-ON</b>	<b>TEMPS DE ROULAGE</b>
<b>1</b>	12:40:00	12:51:00	14:57:00	15:02:00	00:11:00	00:05:00	00:16:00
<b>2</b>	12:24	12:34	14:36	14:40:00	00:10:00	00:04:00	00:14:00
<b>3</b>	12:51	12:58	15:08	15:16:00	00:07:00	00:08:00	00:15:00
<b>4</b>	12:29	12:34	14:29	14:34:00	00:05:00	00:05:00	00:10:00
<b>5</b>	12:39	12:48	14:58	15:20:00	00:09:00	00:22:00	00:31:00
<b>6</b>	12:27	12:41	14:48	14:58:00	00:14:00	00:10:00	00:24:00
<b>7</b>	13:02	13:15	15:26	15:31:00	00:13:00	00:05:00	00:18:00
<b>8</b>	12:12	12:20	14:38	14:47:00	00:08:00	00:09:00	00:17:00
<b>9</b>	13:43	13:48	15:48	15:55:00	00:05:00	00:07:00	00:12:00
<b>10</b>	13:14	13:23	15:37	15:45:00	00:09:00	00:08:00	00:17:00
<b>11</b>	13:21	13:38	15:48	15:55:00	00:17:00	00:07:00	00:24:00
<b>12</b>	14:19	14:24	16:30	16:38:00	00:05:00	00:08:00	00:13:00
<b>13</b>	13:22	13:30	15:27	15:33:00	00:08:00	00:06:00	00:14:00
<b>14</b>	13:40	13:51	16:03	16:11:00	00:11:00	00:08:00	00:19:00
<b>15</b>	12:44	12:55	15:00	15:11:00	00:11:00	00:11:00	00:22:00
<b>16</b>	12:27	12:34	14:33	14:41:00	00:07:00	00:08:00	00:15:00
<b>17</b>	12:47	12:56	14:57	15:07:00	00:09:00	00:10:00	00:19:00
<b>18</b>	13:14	13:25	15:38	15:46:00	00:11:00	00:08:00	00:19:00
<b>19</b>	13:31	13:43	15:46	15:51:00	00:12:00	00:05:00	00:17:00
<b>20</b>	15:27	15:37	17:40	17:49:00	00:10:00	00:09:00	00:19:00
<b>MOYENNE</b>					00:09:36	00:08:09	00:17:45

**ORAN-MARSEILLE**

ETAPES	OUT	OFF	ON	IN	Temps de roulage		TEMPS DE ROULAGE
					OFF-OUT	IN-ON	
1	08:01	08:16:00	09:44:00	09:51:00	00:15:00	00:07:00	00:22:00
2	11:39	11:44	13:05	13:11:00	00:05:00	00:06:00	00:11:00
3	07:58	08:16	09:45	09:51:00	00:18:00	00:06:00	00:24:00
4	12:15	12:29	13:54	14:00:00	00:14:00	00:06:00	00:20:00
5	07:38	07:50	09:10	09:16:00	00:12:00	00:06:00	00:18:00
6	11:26	11:44	13:02	13:07:00	00:18:00	00:05:00	00:23:00
7	10:41	10:49	12:10	12:14:00	00:08:00	00:04:00	00:12:00
8	11:26	11:42	13:07	13:11:00	00:16:00	00:04:00	00:20:00
9	07:41	07:55	09:17	09:25:00	00:14:00	00:08:00	00:22:00
10	11:36	11:44	13:09	13:15:00	00:08:00	00:06:00	00:14:00
11	07:52	07:59	09:23	09:30:00	00:07:00	00:07:00	00:14:00
12	07:51	08:02	09:25	09:31:00	00:11:00	00:06:00	00:17:00
13	07:34	07:46	09:10	09:21:00	00:12:00	00:11:00	00:23:00
14	07:45	07:52	09:36	09:42:00	00:07:00	00:06:00	00:13:00
15	07:49	08:00	09:32	09:39:00	00:11:00	00:07:00	00:18:00
16	07:28	07:43	09:10	09:15:00	00:15:00	00:05:00	00:20:00
17	08:00	08:12	09:39	09:48:00	00:12:00	00:09:00	00:21:00
18	07:48	07:57	09:23	09:32:00	00:09:00	00:09:00	00:18:00
19	07:39	07:47	09:10	09:16:00	00:08:00	00:06:00	00:14:00
20	09:42	09:59	11:21	11:29:00	00:17:00	00:08:00	00:25:00
<b>MOYENNE</b>					00:11:51	00:06:36	00:18:27

ORAN-LYON

<b>ETAPES</b>	<b>OUT</b>	<b>OFF</b>	<b>ON</b>	<b>IN</b>	<b>Temps de roulage OFF-OUT</b>	<b>Temps de roulage IN-ON</b>	<b>TEMPS DE ROULAGE</b>
<b>1</b>	07:41:00	07:53:00	09:50:00	09:59:00	00:12:00	00:09:00	00:21:00
<b>2</b>	07:43	08:00	09:45	09:56:00	00:17:00	00:11:00	00:28:00
<b>3</b>	07:21	07:32	09:41	09:52:00	00:11:00	00:11:00	00:22:00
<b>4</b>	07:26	07:37	09:23	09:27:00	00:11:00	00:04:00	00:15:00
<b>5</b>	10:00	10:06	11:56	12:06:00	00:06:00	00:10:00	00:16:00
<b>6</b>	07:41	07:50	09:35	09:41:00	00:09:00	00:06:00	00:15:00
<b>7</b>	07:24	07:38	09:23	09:30:00	00:14:00	00:07:00	00:21:00
<b>8</b>	07:35	07:41	09:30	09:39:00	00:06:00	00:09:00	00:15:00
<b>9</b>	14:05	14:21	16:05	16:13:00	00:16:00	00:08:00	00:24:00
<b>10</b>	07:40	07:50	09:27	09:41:00	00:10:00	00:14:00	00:24:00
<b>11</b>	14:04	14:17	16:07	16:12:00	00:13:00	00:05:00	00:18:00
<b>12</b>	07:21	07:37	09:29	09:36:00	00:16:00	00:07:00	00:23:00
<b>13</b>	07:28	07:37	09:28	09:35:00	00:09:00	00:07:00	00:16:00
<b>14</b>	13:55	14:03	16:01	16:06:00	00:08:00	00:05:00	00:13:00
<b>15</b>	07:37	07:45	09:24	09:33:00	00:08:00	00:09:00	00:17:00
<b>16</b>	07:35	07:44	09:35	09:44:00	00:09:00	00:09:00	00:18:00
<b>17</b>	07:32	07:42	09:28	09:34:00	00:10:00	00:06:00	00:16:00
<b>18</b>	07:49	07:59	09:58	10:05:00	00:10:00	00:07:00	00:17:00
<b>19</b>	07:33	07:38	09:24	09:30:00	00:05:00	00:06:00	00:11:00
<b>20</b>	07:44	07:57	09:41	09:49:00	00:13:00	00:08:00	00:21:00
<b>MOYENNE</b>					00:10:39	00:07:54	00:18:33



ALTITUDES	RS 10000 kg	RS 105000 kg	RS 110000 kg	RS 115000 kg	RS 120000 kg	RS 125000 kg	RS 130000 kg	RS 140000 kg
24	0,08658318	0,086121	0,08551237	0,08485273	0,0841154	0,08336204	0,08262206	0,08107203
25	0,08992537	0,08929233	0,08853784	0,08776402	0,08694084	0,08613295	0,08530973	0,08356449
26	0,0931677	0,09237875	0,09149828	0,09063444	0,08975318	0,08885598	0,08791209	0,08592911
27	0,09637097	0,09544728	0,0944664	0,09350548	0,09252807	0,09150077	0,09042754	0,08815935
28	0,09953994	0,09850993	0,0974611	0,0963953	0,09527622	0,09410834	0,09289617	0,09032258
29	0,10255854	0,10141509	0,10025435	0,09903685	0,09776767	0,09645188	0,09505627	0,0921668
30	0,10579515	0,10457371	0,10324419	0,10185986	0,10038363	0,09886665	0,09731405	0,09416234
31	0,10912052	0,10771704	0,10620471	0,10459411	0,10294118	0,10125216	0,09953311	0,09606719
32	0,11242176	0,11082107	0,10906119	0,10725769	0,10537004	0,10354767	0,10165433	0,09794463
33	0,11567164	0,11380323	0,11183261	0,10982522	0,1077886	0,10572988	0,10370205	0,09965709
34	0,11883984	0,11668347	0,1144906	0,11226964	0,11002852	0,10787512	0,10570776	0,10118007
35	0,12189318	0,11949196	0,1170645	0,11461959	0,11227472	0,10986654	0,10740913	0,1020363
36	0,12479608	0,12213944	0,11953125	0,11697248	0,11429283	0,11162451	0,10887097	0,10195469
37	0,1275	0,12466051	0,12181529	0,11897356	0,11608498	0,11288736	0,10912981	0,10114588
38	0,13002833	0,12700609	0,12385321	0,12066246	0,11715161	0,11294291	0,10861335	0,09982601
39	0,13250577	0,12907762	0,12561576	0,12168611	0,11709184	0,11227984	0,10744382	0,09765957
40	0,13476218	0,13099315	0,12658577	0,12149285	0,11620253	0,11092315	0,10566298	0,09448333
41	0,13668851	0,13182079	0,1263071	0,12053571	0,11475	0,10892264	0,10286867	
42	0,13767247	0,13159404	0,12520458	0,11897356	0,1125	0,10585793		
43	0,13742515	0,13047186	0,12351991	0,11643836	0,1092337			
ALTITUDES	RS							



<b>ALTITUDES 1000 ft</b>	<b>RS 150000 kg</b>	<b>RS 145000 kg</b>	<b>RS 155000 kg</b>	<b>RS 160000 kg</b>
24	0,07942238	0,08026534	0,07854593	0,077639
25	0,08166723	0,08261913	0,08065596	0,079643
26	0,08376963	0,08486563	0,08264463	0,081522
27	0,08575529	0,08697234	0,08451202	0,083304
28	0,08766114	0,08897196	0,08629442	0,08497
29	0,08924528	0,0907173	0,08782027	0,086408
30	0,09099691	0,09257075	0,0894417	0,08784
31	0,09268775	0,09440419	0,09092672	0,089231
32	0,09419121	0,09605101	0,09229249	0,09012
33	0,09544335	0,09760705	0,09288853	0,090186
34	0,09577989	0,0986786	0,09278557	0,089659
35	0,09548467	0,09879983	0,09208949	0,088893
36	0,09463918	0,09824486	0,0910353	0,087262
37	0,09317905	0,09720457	0,08905704	0,084749
38	0,09074733	0,09538653	0,08595506	
39	0,08712984	0,09250302		

