

REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE
MINISTÈRE DE L'ENSEIGNEMENT SUPÉRIEUR ET DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE

UNIVERSITÉ SAAD DAHLEB - BLIDA
FACULTÉ DES SCIENCES DE L'INGÉNIEUR
DÉPARTEMENT D'AÉRONAUTIQUE



MEMOIRE DE FIN D'ÉTUDE POUR L'OBTENTION
DU DIPLOME D'INGÉNIEUR D'ÉTAT EN AÉRONAUTIQUE
OPTION : EXPLOITATION

Thème

Étude D'économie Carburant

Réalisés par :

REBATI DJOUHER
AMINA
SAADI KHADIDJA

Dirigé par :

M^{me}. BENKHEDDA

PROMOTION : 2010 -2011

REMERCIEMENTS

Tout d'abord nous remercions Dieu qui nous a donné la force et le courage d'entreprendre et d'achever ce travail.

Nous remercions nos parents qui nous ont permis de poursuivre nos études dans les meilleures conditions ; nous les remercions pour leurs encouragements et leurs soutiens.

Nous remercions monsieur SOFIANE NEDJAME directeur de la D.O .A pour nous avoir accueillis et nous avoir assuré la réunion des conditions pour un stage fructueux

Nous remerciments sont avant tout adressés a madame BENKHEDDA ; directrice du département aéronautique de son aide si précieuse et aussi pour avoir accepté de diriger ce travail.

On voudrait aussi exprimer nos remerciments à tous les ingénieurs de la D.O.A :

RAFIK ; HICHEM ; HOCINE ; ABDELGHANI ainsi que Mr REMDANI ingénieur a tassili Airlines qui nous ont énormément aidé durant notre stage ; aucune expression ne serait jamais forte pour leur exprimer toute notre gratitude.

Nous tenons à remercier toute personne de nous avoir aidé de près ou de loin ; tout particulièrement Mr MAHMOUDE et Mme MADOUI.

Et pour finir on tient à remercier les membres de jury ; de nous avoir fait l'honneur d'examiner ce travail.

Dédicace

On dit souvent que le trajet est aussi important que la destination ; mes années d'études m'ont permis de bien comprendre la signification de cette phrase toute simple ; ce parcours ; en effet ne s'est pas réalisé sans défis et sans persévérances.

Par ce modeste travail ; je tiens a rendre grâce à Dieu de m'avoir donné le courage ; la volonté et la chance de parvenir à un but tellement attendu.

Je dédie ce travail :

A la mémoire de ma mère ; aux ambitions qu'elle ma inculqué ; ma mère qui a tout donné pour notre instructions et même si elle n'est plus de ce monde je suis sure qu'elle doit le savoir.

A mon père ; ma très chère grande mère ; a mes sœurs : Mina ; Wassila ; Ferial ; Baya ; Sonia et Zehour.

A mon unique et adorable frère Ahmed.

A mes beaux frères : Rezki ; Amine et Karim.

A ma meilleure amie et binôme Khadîdja et toute sa famille.

A toutes mes copines plus particulièrement : Fouzia ; Tinhinane ; yakouta.

A toute la promotion 2011 d'exploitation.

A toute personne qui m'a aidé de près ou de loin.....

Djouher

Dédicace

Je dédie ce modeste travail :

A mes parents pour l'éducation qu'ils m'ont prodigué avec tous les moyens et au prix de tous les sacrifices qu'ils ont consentis à mon égard ; pour le sens de devoir qu'ils m'ont enseigné depuis mon enfance.

A mes chers frères : Nabil, Yacine et Abdou.

A mes deux belles sœurs.

A mon binôme et très chère amie Leila ainsi que toute sa famille.

A mes copines : Yakouta, Dhoha, Khadidja et khedouje.

A toute la promotion 2011 « EXPLOITATION ».

A toute personne qui m'a aidé de près ou de loin

KHADIDJA

Résumé

Consommation de carburant est un coût important pour toute compagnie aérienne, et les compagnies aériennes doivent concentrer leur attention sur ce, afin de maintenir leur rentabilité. Cette étude se penche sur toutes les variables de fonctionnement importants qui affectent l'économie de carburant.

Cette étude montre qu'il ya plusieurs facteurs qui affectent la consommation de carburant et que les gains et pertes potentiels sont énormes. La plupart de ces facteurs sont directement contrôlés par les employés propres à la compagnie aérienne (équipage, les opérations / expédition, la maintenance, etc.)

ملخص

استهلاك الوقود هو التكلفة الرئيسية لأية شركة طيران، والخطوط الجوية تحتاج إلى تركيز اهتمامها على هذا من أجل الحفاظ على ربحيتها. تحوي هذه الدراسة على جميع المتغيرات التي تؤثر على تشغيلية هامة عن الاقتصاد في استهلاك الوقود الحالية. هذه الدراسة تبين أن هناك العديد من العوامل التي تؤثر على استهلاك الوقود وذلك على المكاسب والخسائر المحتملة هائلة. ويتحكم فيها بصورة مباشرة أكثر من هذه العوامل من قبل موظفي شركات الطيران (طاقم الطائرة، والعمليات / إيفاد والصيانة، الخ)

Abstract

Fuel Consumption is a major cost to any airline, and airlines need to focus their attention on this in order to maintain their profitability. This study looks at all the significant operating variables that affect fuel economy.

This study shows that there are many factors that affect fuel consumption and that the potential gains and losses are huge. Most of these factors are directly controlled by the airlines own employees (flight crew, operations/dispatch, maintenance, etc.).

SOMMAIRE

Introduction Générale :

Chapitre I : Présentation De La Compagnie et de l'appareil

I.1.présentation de la compagnie :

I.1.1. Historique Actualités Et Perspectives.....1

I.1.2.Les

Missions.....2

I.1.3.

Organisation.....2

I.1.3.1.Composition De La Direction Générale.....2

I.1.3.2. Des Directions Centrales, Réparties Par Nature

D'activités.....3

I.1.4.Le Réseau De La

Compagnie.....3

I.1.4.1.Réseau Domestique.....3

I.1.4.2.Réseau

International.....3

I.1.5. Composition de la flotte d'AIR

ALGÉRIE.....4

I.1.6. Direction des opérations Aériennes (D.O.A).....5

I.1.6.1. Objet des opérations

aériennes.....5

I.1.7. Présentation De La Sous Direction Etudes Et Exploitations.....6

I.2. Présentation d'appareil7

I.2.2. L'Avion : A330 -

200.....7

I.2.1. L'Avion A330-200 (A330-202)7

I.2.3. Les performances8

Chapitre II : Politique Carburant

<i>II.1. Planification Standard</i>	
.....	9
<i>II. 1.1. Politique D'emport Carburant Selon JAR-OPS-125</i>	9
• <i>Carburant Pour Le Roulage(r)</i>	10
• <i>Consommation De L'étape (Délestage (d))</i>	10
• <i>La Réserve De Route (RR)</i>	10
• <i>La Réserve De Dégagement (RD)</i>	11
• <i>La Réserve Finale (RF)</i>	12
• <i>Carburant Additionnel</i>	12
• <i>Le Carburant Supplémentaire</i>	12
<i>II.2. Préparation De Vol Avec Escale Technique Facultative (ETF)</i>	13
<i>II.3. L'économie De Carburant</i>	14
<i>II.3.1. Plan de vol technique</i>	15

Chapitre III : Plan de vol

<i>III.1.Généralités</i>	1
<i>6 III.2. Description du plan de vol informatisé</i>	
.....	17
<i>III.2.1.Première partie du plan de vol</i>	21
<i>III.2.2. Deuxième partie du plan de vol</i>	22
<i>III.2.2.1. La Météorologie</i>	23

III.2.2.2	Les	données	
navigation			24
III.2.2.3.	Les	données	
avion			24
III.2.2.4. Etablissement du JETPLAN			25
III.3.2. Codes et abréviations			27

Chapitre IV : Les Méthodes Opérationnelles pré vol

VI.1.Introduction.....			
.....			30
IV.2. Position du Centre de			
Gravité			30
IV.2.1 Influence Du Centre De Gravité Sur La Consommation Carburant.....			30
IV.2.2. Le Changement De CG Avec La Réduction De La Masse.....			31
IV.3.		Le	
Roulage.....			32
IV.3.1.	Consommation	Carburant	Au
Roulage.....			32
IV.4.Optimisation de la distance.....			33
IV.4.1.Choix de la route.....			33
IV.4.2.Choix	de	la	piste
décollage.....			34
IV.5.		Transport	De
Carburant.....			36
IV.5.1.	Coefficient	De	Transport (K)
.....			36
IV.5.2.Intérêt		Du	Transport
Carburant.....			37
IV.5.3. Les Raisons De Transport Carburant.....			39
IV.5.4.	Conséquences	Du	Transport
Carburant.....			39

<i>IV.5.5. Limitations Du Transport Carburant.....</i>	<i>40</i>
<i>IV.5.6. Ordre De Grandeur De Coefficient De Transport.....</i>	<i>40</i>
<i>IV.2.7. Masse Au Décollage.....</i>	<i>44</i>
<i>IV.6. Utilisation de l'APU.....</i>	<i>45</i>
<i>IV.6.1. Consommation APU.....</i>	<i>45</i>
<i>IV.6.2. La Mise En Marche Des Moteurs.....</i>	<i>46</i>
<i>IV.6.3. La Poussée Qu'il Faut Avoir Pour Le Déplacement Initial De L'avion.....</i>	<i>46</i>
<i>IV.6.4. Caractéristique de Consommation Carburant au Décollage.....</i>	<i>47</i>
<i>IV.7. Amélioration technique sur l'avion.....</i>	<i>48</i>
<i>IV.7.1. La traînée.....</i>	<i>48</i>
<i>IV.8. Dégradation de performances avion et entretien.....</i>	<i>50</i>
<i>IV.8.1. Principe de Mesure des Performances.....</i>	<i>50</i>
<i>IV.8.2. Paramètres Influant Sur La Dégradation.....</i>	<i>52</i>
<i>IV.8.3. Le Concept d'entretien Avion.....</i>	<i>53</i>
<i>IV.9. Utilisation de la poussée réduite au Décollage.....</i>	<i>56</i>
<i>IV.9.1. Détermination de la Poussée Réduite.....</i>	<i>57</i>
<i>IV.9.2. Conditions d'utilisation de la poussée réduite.....</i>	<i>59</i>
<i>IV.9.3. Restriction d'utilisation.....</i>	<i>59</i>
<i>IV.9.4. La Consommation Carburant et la poussée réduite.....</i>	<i>60</i>

Chapitre V : Les Méthodes Opérationnelles en vol

<i>V.1. Introduction.....</i>	<i>62</i>
<i>V.2.La montée.....</i>	<i>62</i>

V.2.1. <i>La montée pour l'A330-200</i>	63
V.2.2. <i>Altitude de croisement</i>	63
V.3. <i>La Croisière</i>	63
V.3.1. <i>Le choix de l'altitude de croisière</i>	64
V.3.1. 1. <i>Altitude optimale</i>	64
V.3.1.2. <i>Optimisation de la croisière avec la montée en palier</i>	66
V. 3.1.3. <i>Altitude optimale sur les étapes courtes</i>	68
V.3.2. <i>Optimisation de la vitesse de croisière</i>	70
V.3.3. <i>Influence du vent sur l'altitude optimale</i>	71
V.3.4. <i>Le FMS et le cost index (CI)</i>	73
V.3.4.1. <i>Le FMS</i>	73
V.3.4.2. <i>Le cost index</i>	74
V.4. <i>La Descente</i>	77
V.4.1. <i>La descente pour l'A330-200</i>	78
V.4.2. <i>Effet de la descente sur la consommation de carburant</i>	78
V.4.3. <i>Modes de descente</i>	78
V.4.3.1. <i>Descente contrôlée</i>	78
V.4.3.2. <i>Descente prématurée</i>	78
V.5. <i>L'Attente</i>	79
V.6. <i>L'Approche</i>	82

Conclusion

Bibliographie

Liste des figures, tableaux

Fig. II.1 :	Les réserves de carburant dans le JAR-OPS	12
Fig. II.2 :	Escale Technique Facultative.....	14
Fig. IV.1 :	DAAG-EGLL suivant deux Routes différentes.....	35
Fig. IV.2 :	Variation de K en fonction de la distance Air	37
Fig. IV.3 :	Caractéristique de Consommation Carburant au Roulage..	47
Fig. IV.4 :	La détermination de la poussée réduite.....	58
Fig. IV.5 :	La Consommation De Carburant Et Les Coûts De Maintenance Due A L'utilisation De La Poussée Réduite...	60
Fig. V.1 :	Profil de montée.....	62
Fig. V.2 :	Détermination de l'altitude optimale pour un mach constant.....	64
Fig. V.3 :	Altitude optimale A330.....	65
Fig. V.4 :	Croisière par paliers successifs encadrant l'altitude optimale	66
Fig. V.5 :	Profils de montée en escalier.....	68
Fig. V.6 :	Altitude optimale pour les étapes courtes	69
Fig. V.7 :	Optimisation de la vitesse de croisière	70
Fig. V.8 :	Influence du vent sur le Mach	71
Fig. V.9 :	Influence du vent sur l'altitude optimale	72
Fig. V.10 :	FMS.....	75
Fig. V.11 :	Courbe des coûts en fonction du mach	76
Fig. V.12 :	Profil de descente	77
Fig. V.13 :	Profil de descente prématurée	79
Fig. V.14 :	La consommation carburant à 1500ft.....	80
Fig. V.15 :	L'attente.....	81
Tableau I.1 :	Composition de la flotte d' <i>AIR ALGÉRIE</i>	04
Tableau IV.1 :	L'influence du centre de gravité	31
Tableau IV.2 :	La surconsommation du carburant lorsque le CG est plus en avant	31
Tableau IV.3 :	La Position du Centre de Gravité en fonction de	

	différentes masses.....	32
Tableau IV.4 :	La conservation de Carburant au Roulage avec 1 seul moteur.....	33
Tableau IV.5 :	Tableau Comparatif Entre les Deux Routes.....	36
Tableau IV.6 :	Limitations Du Transport Carburant.....	40
Tableau IV.7 :	Coefficient de Transport en fonction de la Distance.....	41
Tableau IV.8 :	Calcul de Gain ou de perte due a l'emport du Carburant....	41
Tableau IV.9 :	Calcul de Gain ou de perte due a l'emport du Carburant....	42
Tableau IV.10:	L'effet de Surcharge au Décollage.....	44
Tableau IV.11:	Consommation de l'APU au Sol.....	46
Tableau IV.12:	Consommation de l'APU en Vol.....	46
Tableau IV.13:	Consommation de Carburant due à l'utilisation de l'APU...	47
Tableau IV.14:	Surcoût due à l'augmentation de la traînée.....	49
Tableau IV.15:	Coefficient De Dégradation De Performances.....	52
Tableau V.1:	Pénalité du rayon spécifique pour des déviations de l'altitude optimale.....	65

Introduction

Durant les cinquante dernières années, la mobilité globale a énormément augmenté, que ce soit au niveau des marchandises ou des personnes ; elle est due à des facteurs technologiques, économiques et politiques.

Dans le transport global, l'aviation est devenue incontournable, tant par sa vitesse que par sa flexibilité. L'avion a révolutionné le transport transocéanique mais le prix élevé du carburant avion est en train de faire des ravages dans les fortunes financières des compagnies aériennes.

Dans une industrie dont la caractéristique est qu'il faut 15 à 20 ans avant que les nouvelles technologies puissent se traduire en gains d'efficacité de tout le système, il est peu probable que le passage à une forme alternative d'énergie soit une option dans un futur prévisible. Associé au manque de contrôle sur le prix, cela signifie que le seul espoir de gagner la bataille pour réduire les coûts d'énergie est de parvenir à une efficacité opérationnelle encore plus importante.

Le rendement en matière de carburant est un concept envahissant qui touche pratiquement tous les aspects de l'industrie depuis la conception et la construction des aéronefs en passant par les exigences réglementaires de l'aviation jusqu'à l'exploitation d'une compagnie aérienne et la fourniture du service de la navigation aérienne. En réponse au prix élevés du carburant, les compagnies aériennes sont en train de développer une batterie de mesures pour économiser sur la consommation en carburant de leur flotte. Alors que certaines de ces pratiques ont été utilisées pendant des années d'une manière non-systématique, elles sont maintenant mises en œuvre avec une urgence renouvelée au travers de l'industrie au moment où les compagnies aériennes sont aux prises avec les prix élevés du carburant et une concurrence assassine.

Dans notre projet on a tenté d'étudier les moyens de minimiser la consommation en carburant, la sécurité étant la priorité de n'importe quelle opération pour une meilleure rentabilité pour notre compagnie.

I.1. Présentation de la Compagnie :

I.1.1. Historique Actualités et Perspectives :

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

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

Depuis la fin de la 2ème guerre mondiale, le réseau des lignes aériennes entre l'Algérie et la France était desservi par la société « Air Transport ».

- En 1947, Air Algérie est née dans le but d'exploiter ce même réseau.
- Le 23 Mai 1953, après la fusion des deux compagnies, le transport aérien entra officiellement en activité.

Après l'indépendance de l'Algérie, en Janvier 1963, Air Algérie devient une compagnie Nationale sous tutelle du Ministère des transports qui contrôle pour le compte de l'Etat Algérien qu'il représente 51% du Capital de la Compagnie.

En 1970, les parts contrôlées par l'Etat Algérien atteignent 83% du Capital et la Compagnie Air Algérie procède au renouvellement de sa flotte.

Le 26 Mars 1971 est une date historique pour l'Entreprise. Venant de Seatel (USA), deux Boeing 727-200 arrivent à Alger dotés des perfectionnements techniques et commerciaux les plus récents.

Deuxième date historique, le 15 Décembre 1972, l'état algérien détient 100% des parts d'Air Algérie. Cette Nationalisation, au même titre que celle des hydrocarbures devient effective en 1974, date à laquelle l'Etat porte sa participation effective à 100% par le rachat des 17% encore détenus par Air France.

En 1973, l'Etat décide d'intégrer à Air Algérie, la Société de Travail Algérien « STA ».

Pendant la décennie 1980, la flotte s'enrichit d'une race d'avion « Air Bus » de type gros porteur, parfaitement adapté à l'exploitation de certaines lignes génératrices d'un fort courant de trafic tel que Alger - Paris.

En 1983, compte tenu de la croissance du trafic intérieur, le Transport Aérien sur les lignes intérieures et le travail aérien sont confiés à une nouvelle Entreprise « Entreprise Nationale d'Exploitation Aérienne de Transport intérieur et de Travail Aérien -Inter Air Service », scindant Air Algérie en deux entités distinctes : L'une pour les lignes intérieures, l'autre pour les lignes internationales. Mais celle-ci disparaît après dix mois de fonctionnement.

I.1.2. Les Missions :

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

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

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

I.1.3. Organisation :

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

I.1.3.1.Composition de La Direction Générale :

- ✚ Un staff de spécialistes assistants et conseillers ;
- ✚ Une cellule communication ;
- ✚ Une inspection Générale (siège et Exploitation) ;
- ✚ Une Direction de la Sûreté Interne de l'Entreprise ;

- ✚ Un Secrétariat Général chargé de la coordination ;
- ✚ Une Sous —Direction des Moyens généraux.

I.1.3.2. Des Directions Centrales, Réparties par nature d'activités :

- ✚ Des Directions Fonctionnelles ;
- ✚ Des Directions Opérationnelles ;
- ✚ Des Directions Techniques.

I.1.4. Le Réseau De La Compagnie :

Le réseau d'Air Algérie se décompose en deux :

- ✚ Réseau domestique ;
- ✚ Réseau international.

I.1.4.1. Réseau Domestique :

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

I.1.4.2. Réseau International :

France :

- ❖ **Alger :** Lille - Lyon - Marseille – Nice - Paris -Toulouse.

- ❖ **Oran :** Lyon - Marseille - Paris - Toulouse.
- ❖ **Annaba :** Lyon - Marseille - Paris.
- ❖ **Constantine :** Lyon - Marseille - Paris.
- ❖ **Biskra :** Lyon - Paris.

Europe :

- ❖ **Alger :** Barcelone - Berlin - Bruxelles - Francfort - Genève - Istanbul - Londres - Madrid - Moscou - Prague - Rome.
- ❖ **Oran :** Alicante.

Maghreb & Moyen Orient :

- ❖ **Alger :** Amman - Le Caire - Casablanca - Damas - Nouakchott - Dubaï - Tunis.
- ❖ **Amman :** Dubaï.
- ❖ **Casablanca :** Nouakchott.

Afrique :

- ❖ **Alger :** Bamako - Dakar - Niamey - Ouagadougou - Abidjan.
- ❖ **Tamanrasset :** Agadez.
- ❖ **Asie :** Alger - Pékin.

I.1.5. Composition de la flotte d'*AIR ALGÉRIE* :

Appareils	Immatriculation	Engins	Date d'acquisition
A330-200	7T-VJV	CF6-80E1A4	2005
A330-200	7T-VJW	CF6-80E1A4	2005
A330-200	7T-VJX	CF6-80E1A4	2005
A330-200	7T-VJY	CF6-80E1A4	2005
A330-200	7T-VJZ	CF6-80E1A2	2005
B767-300	7T-VJG	CF6-80C2B2F	1990
B767-300	7T-VJH	CF6-80C2B2F	1990
B767-300	7T-VJI	CF6-80C2B2F	1990
B737-800	7T-VJJ	CFM56-7B-27	2000
B737-800	7T-VJK	CFM56-7B-27	2000
B737-800	7T-VJL	CFM56-7B-27	2000
B737-800	7T-VJM	CFM56-7B-24	2000

B737-800	7T-VJN	CFM56-7B-24	2001
B737-800	7T-VJO	CFM56-7B-24	2001
B737-800	7T-VJP	CFM56-7B-24	2001
B737-800	7T-VKA	CFM56-7B-27	2005
B737-800	7T-VKB	CFM56-7B-27	2005
B737-800	7T-VKC	CFM56-7B-27	2005
B737-600	7T-VJQ	CFM56-7B-22	2002
B737-600	7T-VJR	CFM56-7B-22	2002
B737-600	7T-VJS	CFM56-7B-22	2002
B737-600	7T-VJT	CFM56-7B-22	2002
B737-600	7T-VJU	CFM56-7B-22	2002
B737-200C	7T-VES	JT8D-15	1977
ATR72-500	7T-VIUI	PW127E	2003
ATR72-500	7T-VUL	PW127E	2004
ATR72-500	7T-VUM	PW127E	2003
ATR72-500	7T-VUJ	PW127E	2003
ATR72-500	7T-VUK	PW127E	2003
ATR72-500	7T-VUN	PW127E	2003
L-382G	7T-VHG	501-D22A	1981
L-382G	7T-VHL	501-D22A	1981
F27-400M	7T-VRQ	DART536-7R	1976
F27-400M	7T-VRK	DART536-7R	1977

I.1.6. Direction des opérations Aériennes (D.O.A) :

I.1.6.1. Objet des opérations aériennes :

Dans le cadre de stage pratique, il ressort que l 'objet général des opérations aériennes est de permettre d'assurer la réalisation des vols dans les meilleurs conditions de sécurité, de régularité, d'économie et de qualité de service au passager.

Pour assurer cette mission, les opérations couvrent six domaines d'activités :

- Technique ;
- Sécurité ;
- Production ;
- Niveau professionnel ;
- Ressources humaines ;
- Commercial.

Il est à noter que la libéralisation de transport aérien modifie de façon importante le rôle des opérations aériennes .En effet les passagers savent que la sécurité est assuré par les compagnies aériennes .La concurrence ne peut donc se faire que sur la proposition commerciale des compagnies, en termes de lignes (vols directs ou non, fréquence sur une destination...) et de prestations à bord.

Les opérations aériennes ne peuvent plus se restreindre à l'aspect technique proprement dit du vol, que l'on pourrait appeler aspect « poste pilotage » (préparation de vol, navigation..). Elles doivent aussi prendre en compte l'aspect commercial, c'est-à-dire l'aspect « cabine ».

D'autre part, avec l'évolution technologique, sur les avions de nouvelle génération il y a de plus en plus de systèmes en interface entre le poste et la cabine. Toutefois l'élargissement des préoccupations des opérations aériennes au domaine commercial ne doit bien sur pas se faire au détriment de l'aspect technique, qui est directement garant de la sécurité.

L'aspect concurrentiel impose de plus une maîtrise des coûts d'exploitation, ce qui fait toute la difficulté de l'exercice.

I.1.7. Présentation De La Sous Direction Etudes Et Exploitations :

La sous direction Etudes et Exploitations est chargée de :

- ✚ Elaborer toutes les études opérationnelles concernant les lignes du réseau de la compagnie et les aéronefs en exploitation ;
- ✚ Réaliser les études de performances et de limitations des aéronefs en exploitation ;
- ✚ Déterminer les minimas opérationnels ;
- ✚ Faire les études de devis de poids, centrage et de chargement des aéronefs en exploitation ;

✚ Elaborer et mettre à jour :

- 1) Les charges transportables opérationnelles (CTO).
- 2) La politique d'emport carburant.
- 3) Les minimas opérationnels en différents terrains de service.
- 4) Les plans de vol techniques.
- 5) Exploiter les dossiers de vol et les dépouillements des enregistreurs de paramètres de vol.
- 6) Veiller à l'acquisition, à la mise à jour et à la diffusion de la documentation de navigation et d'information, de la documentation d'utilisation des aéronefs en exploitation et de la documentation de réglementation aéronautique.

I.2. Présentation d'appareil :

I.2.1. L'Avion A330-200 (A330-202) :

Tous les appareils d' « AIR ALGERIE » A330-202 immatriculées : 7T-VJW ; 7T-VJY ; 7T-VJZ, 7T-VJV ; 7T-VJX.

L'A330-200 est le plus petit membre de la famille gros porteur long courrier d'Airbus. C'est aussi celui qui rencontre le plus de succès auprès des compagnies grâce entre autre à son imposant rayon d'action.

Il s'agit d'un gros porteur subsonique à moyen et long rayon d'action équipé de deux moteurs CF 6 capable de fournir une poussée de 30.247 daN par moteur.

I.2.2. L'Avion : A330 -200

- Vitesse de croisière : M82
- MTOW = 230 t.
- MZFW= 168 t.
- MLAW= 180 t.
- Masse de Base = 42847 Kg.
- Charge transporté = 40 t (Max payload est de 42847 Kg).
- Vitesse indiquée de décollage avec un moteur en panne est de 330 kt.
- Réserve de route standard : 5% du délestage.

II.2.3. Les performances :

- Longueur 63.65 m.
- Largeur 5.64 m.
- Nombre max de pax 293 Passagers.
- La pente maxi de piste est de (+/-) 2%.
- Altitude maxi de décollage 12500 ft.
- Altitude maxi ops 41100 ft.
- Il est certifié pour un vent arrière maxi de 10 nœuds et un vent de travers de 32 nœuds.
- La vitesse en croisière (Vc) 380 nœuds jusqu'à FL 300 au-delà de 0.86 Mach.
- La vitesse maxi en piqué (Vd) est 0.93 Mach.
- L'avion est certifié ETOPS jusqu'à 120 mn.
- Les réservoirs de carburant permettent d'emporter 13090 L (111700Kg)

II.1. Planification Standard de Carburant :

Le commandant de bord ne doit pas entreprendre un vol sans avoir vérifié que l'avion emporte au moins la quantité calculée de carburant et d'huile qui lui permettant d'effectuer le vol en sécurité, compte tenu des conditions d'exploitation prévues.

Sur chaque vol, une quantité de carburant suffisante doit être emportée pour l'opération envisagée et des réserves couvrant les écarts par rapport à celles-ci.

Cette quantité doit tenir compte de :

- Conditions météorologiques ;
- La masse ;
- La route ;
- Retard ;
- Les restrictions et procédures des services de la circulation aérienne ;
- Les données relatives à la consommation en carburant de l'avion.

A tout moment durant le vol la quantité de carburant restant doit être suffisante pour couvrir les différentes opérations planifiées ou une éventuelle déviation. La décision finale de l'emport du carburant et la gestion de celui-ci en vol revient au commandant de bord.

Pour toute la flotte AIR ALGERIE, le JET A1 est exclusivement utilisé. La politique carburant de AIR ALGERIE, y compris la détermination du carburant devant être embarquée, sont basées sur les critères de planification suivants :

II.1.1. Politique D'emport Carburant Selon JAR-OPS-125 :

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

- La réserve finale (**RF**).

✚ Carburant Pour Le Roulage(r) :

Quantité de carburant nécessaire pour assurer la mise en route et le roulage jusqu'au lâcher des freins.

Cette consommation doit comprendre le démarrage du moteur, le roulage et la consommation du groupe auxiliaire de puissance (APU), la quantité de carburant au roulage dépend de l'avion.

Voici la quantité de carburant forfaitaire au roulage des avions exploités par AIR ALGERIE:

AVION	QUANTITE(KG)
A330-200	300
B767-300	300
L382-G	300
B737-600/800	150
ATR72-500	70

✚ Consommation de l'étape Délestage (d) :

Elle doit inclure :

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

✚ La Réserve de Route (RR) :

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

A- soit :

- 5% de la consommation d'étape ou en cas de déplanification en vol 5% de la consommation prévu pour le reste de l'étape.
- Au moins de 3% de la consommation d'étape, en cas de déplanification en vol 3% de la consommation prévue pour le reste de l'étape, sous réserve de l'approche de l'autorité et qu'un aérodrome de dégagement en route soit disponible.
- Une quantité correspondant à 20 mn de la consommation d'étape prévue pour ce vol
- Une quantité au moins égale à 15 mn à la vitesse à 1500ft (450m) au-dessous de l'aérodrome de destination, en condition standard, lorsque l'exploitant établit un programme approuvé par l'autorité de suivi de carburant pour chaque combinaison individuelle avion/route et que ce programme entre dans une statistique permettant la détermination de réserve de route pour cette combinaison avion/route.

B- soit :

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

✚ La Réserve De Dégagement (RD) :

Le carburant de dégagement suffisant pour effectuer :

- Une approche interrompue à partir de la décision applicable à l'aérodrome de destination jusqu'au point MAPT (ou l'altitude d'approche interrompue) compte tenu de la trajectoire effectuée pour rejoindre celle de l'approche interrompue.
- Une montée de l'altitude d'approche interrompue jusqu'au niveau de croisière.
- La croisière entre la fin de la montée et le début de la descente.
- La descente du début de la descente (TOD) jusqu'au début de l'approche compte tenu de la procédure d'approche d'arrivée prévue.

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

✚ La Réserve Finale (RF) :

La réserve finale de carburant doit être :

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

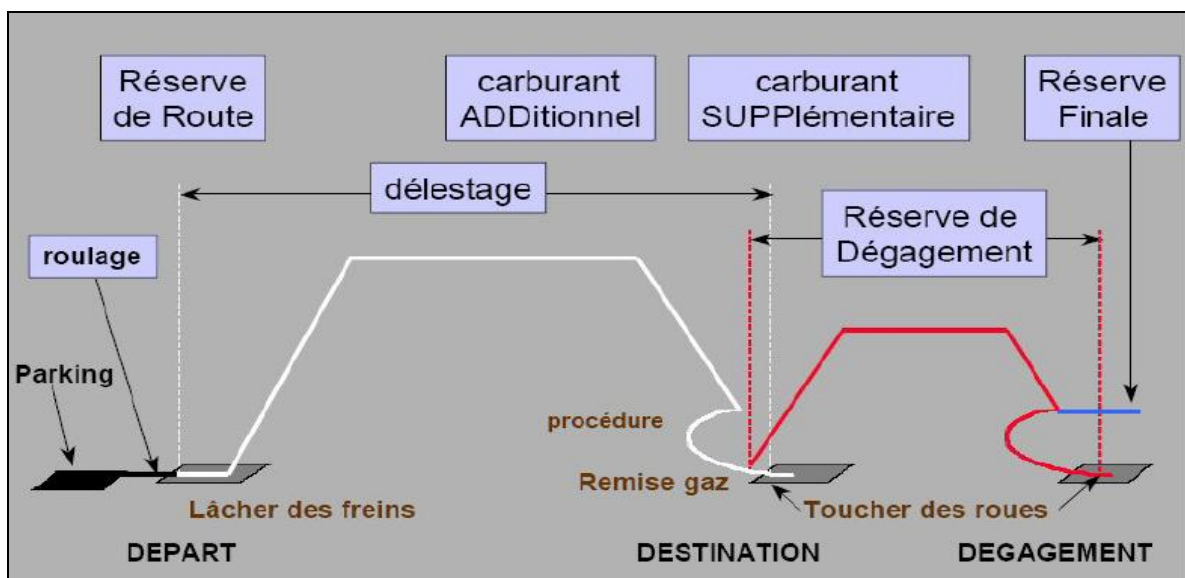


Figure II.1 : Les réserves de carburant dans le JAR-OPS

✚ Carburant Additionnel :

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

- Une attente de 15mn à 1500ft au-dessous de l'aérodrome en condition standard, lorsque le vol est en région IFR sans aérodrome de dégagement.
- En cas de panne éventuelle moteur ou de système de pressurisation, l'avion doit :
 - a) Descendre autant que nécessaire et poursuivre le vol jusqu'à un aérodrome adéquat,
 - b) Attendre ensuite pendant 15mn à 500ft au-dessous de l'aérodrome en condition standard,
 - c) Effectuer une approche et un atterrissage.

✚ Le Carburant Supplémentaire :

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

II.2. Préparation de Vol avec Escale Technique Facultative (ETF) :

✚ Utilisée pour les étapes longues

- ❖ Limitation décollage ;
- ❖ Limitation capacité réservoirs.

✚ But

- ❖ Réduire le carburant embarqué pour augmenter la charge offerte.

✚ Méthode

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

Vol prévu : AB dégagement D

ETF C : dégagement D'

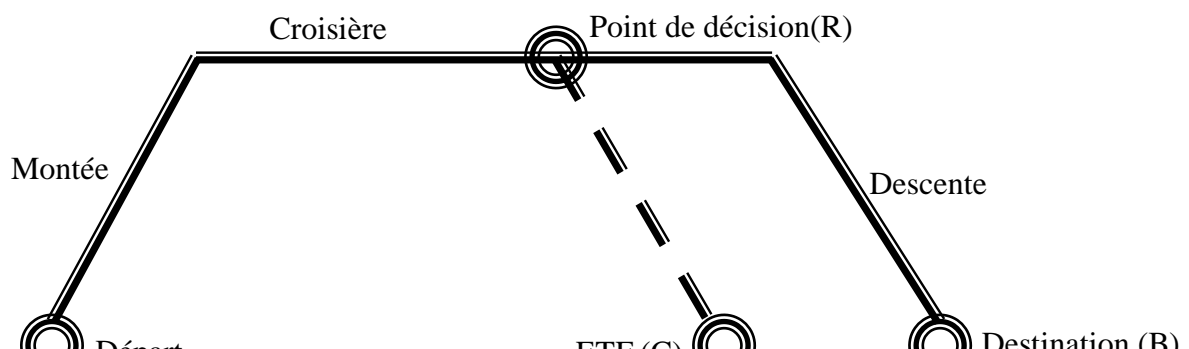


Figure II. 2 : Escale Technique Facultative

Quantité réglementaire sur le trajet direct AB

On suppose que $add = supp = 0$

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

Quantité réglementaire sur le trajet direct AC (ETF)

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

Quantité réglementaire pour une reclairance

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

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

✚ Dépôt d'un plan de vol avec ETF

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

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

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

II.3. L'économie de Carburant :

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

II.3.1. Plan de vol technique :

✚ Procédures pré vol :

- Centre de gravité (centrage) ;
- Roulage (TAXI) ;
- Optimisation distance ;
- Transport carburant ;
- Utilisation de l'APU ;
- Amélioration technique sur l'avion ;
- Dégradation des performances et entretien ;
- Utilisation de la poussée réduite au décollage.

 **Procédures en vol :**

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

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 vols prévus 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 (10), (11), (12) et (13) ci-dessus ;
- Clairance initiale du plan de vol circulation aérienne et éclairantes 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 A330-200(7TVJV) / ALGER-PARIS (DAAG TO LFML).

```
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
 TIME TIME DELAI
 CODE

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													
PECES	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	LFL	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
LFL	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 utilisé 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
FLT	Flight level	Niveau de vol
WIND	WIND	Le vent
TAS	True Air Speed	Vitesse vraie
OTT	Outbound True Track	Trajectoire vraie d'éloignement
OMT	Outbound Mag. Track	Trajectoire magnétique d'éloignement
DST	Ground distance	Distance sol
NAM	Air Distance	Distance air
E.T.	Elapsed Time	Temps écoulé
E.T.A	Estimated Time of Arrival	Temps estimé d'arrivée
ECBO	Estimated Cumulated Fuel Burn Off	Consommation carburant cumulée estimée
ACBO	Actual Cumulated Fuel Burn Off	Consommation carburant cumulée réelle
EFOB	Estimated Fuel On Board	Carburant à bord estimé
E.WT	Estimated aircraft Weight	Poids avion estimé
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 restant
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.2.2.1. La Météorologie :

A. Données météorologiques :

JETPLAN est alimenté en données météorologiques par le centre météorologique mondial de BRACKNELL (Grande Bretagne).

Les informations météorologiques sont fournies et analysées à partir des satellites suivants :

- GOES: spécialisé en imagerie visible et infrarouge satellite.
- METEOSAT, GMS, POLAR ORBITER : spécialisées en imagerie satellite.
- NWS DIFAX : spécialisé en :
 - Analyse radar ;
 - Observations en surface et en altitude des couches d'air ;
 - Prévisions numériques.

Ces données météorologiques sont conformes à :

- l'OACI : Annexe 3 ;
- WMO Technical Regulations : Chapitre 9 ;
- FAR 91,121 et 135.

B. Services fournis :

Les services fournis par JETPLAN en matière de météorologie sont:

❖ **Messages météorologiques : TAF, METAR.....**

Les messages météorologiques sont obtenus sous le format fourni par NWS (National Weather Service - Washington).

Les messages textuels sont disponibles via SITA, ARINC et PC.

❖ **Cartes graphiques :**

- a) TEMSI : Haute et basse altitude.

b) Cartes de vents et températures.

Le modèle informatique travaille sur un découpage de l'atmosphère correspondant à un maillage qui permet de restituer 7 niveaux isobariques : 850, 700, 500, 300, 250, 200, 150 mb qui correspondent aux altitudes : 5000, 9000, 18300, 30100, 34000, 38000, 45000 ft respectivement.

JEPPESEN fournit 04 fois par jour 04 prévisions des cartes des vents et températures valables pour l'heure d'observation + 06 H, + 12 H, + 18 H et + 24 H disponibles à partir de 21H30, 02H00, 09H30 et 14 H00 respectivement.

❖ **NOTAM :**

JETPLAN fournit les informations NOTAM par :

- a) Aérodrome ;
- b) FIR.

Les NOTAM peuvent être obtenus sous le format international conformément à l'annexe 15 OACI ou sous une forme permettant la lecture en langage clair en langue anglaise.

III.2.2.2. Les données navigation :

JETPLAN travaille directement sur la base de données navigation de JEPPESEN régulièrement mise à jour. Cette base de données est composée comme suit :

- a) Les données officielles :
 - Données aéroports ;
 - Waypoint, moyens radio ;
 - SIDs ;
 - AIRWAYS.
- b) Les routes préférentielles AH.

III.2.2.3. Les données avion :

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

- Type moteur ;
- Masse de base ;
- Limitations structurales ;

- Profils de montée, croisière, descente et attente ;
- Type avion.

III.2.2.4. Etablissement du JETPLAN :


A. 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).

B. Calcul du carburant :

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

 Concernant les réserves:

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

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

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

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

De ce fait pour bénéficier des dernières prévisions météorologiques connues :

- Un vol dont l'heure de départ se situe entre 08H00 Z et 20H00 Z peut être préparé à partir de 18H00 Z.

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

C. Préparation du vol avec JETPLAN :

1) 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...).

2) Choix du dégagement :

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

D. 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.

E. Contrôle du JETPLAN :

1) Par l'escale :

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

- A 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.

2) 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.

F. 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 réel au moins une fois par heure.

III.2.3.Codes et abréviations :

A		M	
A FUEL	Actual Fuel	M	Mach
AFR	Actual Fuel Remaining	MCS	Magnetic Course
ALT	Alternate	MET	Meteorological Information
ATA	Actual Time of Arrival	MM	Magnetic Heading
AW/TRK	Air WAY/ Track	MLDW	Maximum Landing Weight
AWY	Air Way	MORA	Minimum Off-Route Altitude
B		MXSH	Maximum Wind Shear
B/O	Burn – Off	N	
C		NM	Nautical Mile

CFU	Cumulative Fuel Used	NAM	Nautical Air Mile
CLI	Climb	O	
COMP	Wind Component	O	Outside Air Temperature
CT	Cumulative Time	P	
D		P	Plus
DEV	Température Déviation from ISA	PROGS	Weather Prognosis
DEST	Destination	S	
DST	Distance	S	Wind Shear Component
DSTR	Distance remaining	T	
E		TAS	True Air Speed
EB/O	Estimated Burn Off	TCS	True Course
EFR	Estimated Fuel Remaining	TME	Time
ELAW	Estimated Landing Weight	TOC	Top Of Climb
ELEV	Elevation	TOD	Top Of Decent
EPLD	Estimated Payload	TP	Tropopause
ETA	Estimated Time of Arrival	V	
ETD	Estimated Time of Departure	VAR	Magnetic Variation
ETIME	Estimated Time	W	
ETOW	Estimated Take-Off Weight	WIND	Wind Direction and Velocity
ETP	Erual Time Point	WPT	Way Point
EZFW	Estimated Zero Fuel Weight	WT	Weight
F		X	
FL	Flight Level	XTR	Extra Fuel
FOB	Fuel On Board	Z	

FREQ	Radio Frequency	ZDST	Zone Distance
G		ZFU	Zone Fuel
G/S	Ground Speed	ZT	Zone Time
K			
KGS	Kilos		
KTS	Knots		
L			
LBS	Pounds		
LRC	Long Range Cruise		

IV.1. Introduction :

L'économie de carburant est devenue l'une des principales préoccupations de toutes les compagnies aériennes, c'est pourquoi toutes les voies et moyens pour réduire les coûts de carburant doivent être envisagés.

Le but est d'examiner des opérations de vol sur la conservation du carburant dans une perspective de fournir des recommandations pour améliorer l'économie de carburant. Pour cela il y a plusieurs procédures qui sont établies pour économiser le carburant et répondre à ce problème.

IV.2. Position du Centre de Gravité :

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

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

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

On doit s'assurer que le centre de gravité est toujours contenu dans une plage désignée par le constructeur qui porte le nom de « l'enveloppe du centre de gravité [18%-39.3%] pour les **A330**.

IV.2.1. Influence du Centre de Gravité sur la Consommation Carburant :

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

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

IV.2.2. Le Changement de CG avec la réduction de la masse :

La quantité de carburant économisé prévue par la réduction de poids pourrait être sensiblement affectée par le changement de la position de CG associé à cette réduction. La réduction du poids n'affecte pas la position du centre de gravité de base.

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

Aircraft types	Aft CG (35-37%)	Fwd CG (20%)
A330-200	+0.5%	-1.3%

Tableau VI.1 : L'influence du centre de gravité

Aircraft types	Fuel increment KG/1000nm/10%CG	Typical Sector distance (Nm)	Fuel increment per sector (kg)
A330-200	70	4000	480

Tableau VI.2: La surconsommation du carburant lorsque le CG est plus en avant

Exemples :

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

Etape	Modeles d'aeronefs	Zero fuel weight (kg)	Take of weight (kg)	Landing weight (kg)	MAC% zero fuel weight	MAC% Take of weight	MAC% landing weight
ALG-SVO	A330-200 7T-VJV	142175	172180	151062	26.80	25.39	26.76
ALG-TUN	A330-200 7T-VJY	142175	152867	147491	25.97	25.39	25.45
ALG-AEE	A330-200 7T-VJW	137175	147716	143748	25.80	26.81	23.64

Tableau IV.3 : La Position du Centre de Gravité en fonction de différentes masses

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

IV.3. Le Roulage :

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

IV.3. 1. Consommation Carburant au Roulage :

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

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

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

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

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

Le tableau suivant nous montre la conservation carburant au roulage :

Aircraft types	12 minutes taxi (all engines)	12 minutes taxi (8 with engine out)	Engine Out taxi savings
A330	300kg	200kg	100kg

Tableau IV.4 : La conservation de Carburant au Roulage avec 1 seul moteur

Le fuel flow des A330-200 est de 25Kg /min donc le temps de roulage estimé dans le plan de vol est de 12min (300Kg).

IV.4. Optimisation de la distance :

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

IV.4. 1. Choix de la Route :

On doit définir les différentes routes possibles qui pourront être suivies en fonction des conditions météorologiques et les taxes de survol. S'assurer également que les performances en croisière de l'avion sont compatibles avec ces routes choisies.

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

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

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

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

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

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

IV.4. 2. Choix de la piste au Décollage :

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

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

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

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

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

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

Exemple pour le Choix de la Route DAAG-EGLL :

Route 1:

DAAG-SID2-PECES-UN853-LUMAS-UM976-BRY-UM733-KOPOR-UT426-DIMAL-
UT420-ALESO-BIG3B-EGLL-

Route2:

DAAG-SID1-MJV-UN861-TOU-UN727-AGN-UN869-TBO-UT144-GONUP-UN871-
TOU-UN727-AGN-UN863-KOKOS-UY110-REVTU-UP87-DOMUT-OCK4B.

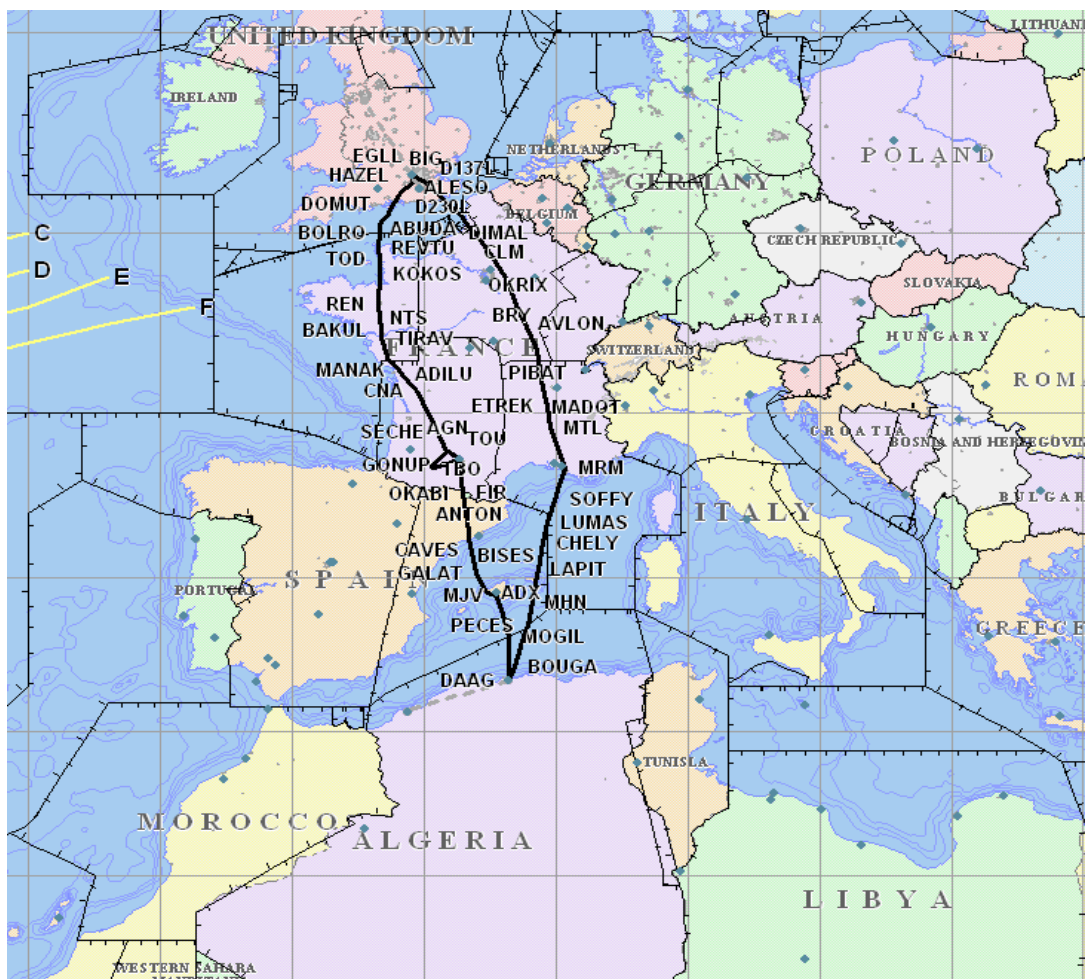


Figure IV.1 : DAAG-EGLL suivant deux Routes différentes

	Route 1	Route 2
Distance	Sol (Nm)	967
	Air (NAM)	1089
Temps (h)	02h17'	1070
Niveau de vol	400	02h27'
Vent (Kt)	-1	400
Délestage (kg)	11842	+8
Block fuel (Kg)	17047	11857
	17895	

Tableau IV.5 : Tableau Comparatif Entre les Deux Routes

D'après ce tableau la route optimale est la **route 1** car on a un gain de (87NAM) sur la distance et (**758Kg**) sur le block fuel.

IV.5. Transport de Carburant :

Le message normal concernant la consommation de carburant est qu'il est plus économique de transporter le montant minimum requis pour le secteur. Cependant, il ya des occasions où il est économique de transporter plus de carburant. C'est alors que le prix du carburant à l'aérodrome de destination est nettement plus élevé que le prix à l'aérodrome de départ. Cependant, puisque le carburant supplémentaire à bord conduit à une augmentation de la consommation de carburant un point de rentabilité doit être soigneusement déterminé qui est le coefficient de transport K.

IV.5.1. Coefficient de Transport (K) :

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

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

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

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

Exemple :

Si $k=1.3$ et 1300KG de carburant est ajouté au départ, 1000KG de cette quantité de carburant demeurera à la destination.

Porter ainsi de carburant coûte 300KG de carburant en plus.

Variation de K en fonction de la distance :

Données : Mach, Z_p

K : est une fonction croissante de la distance air.

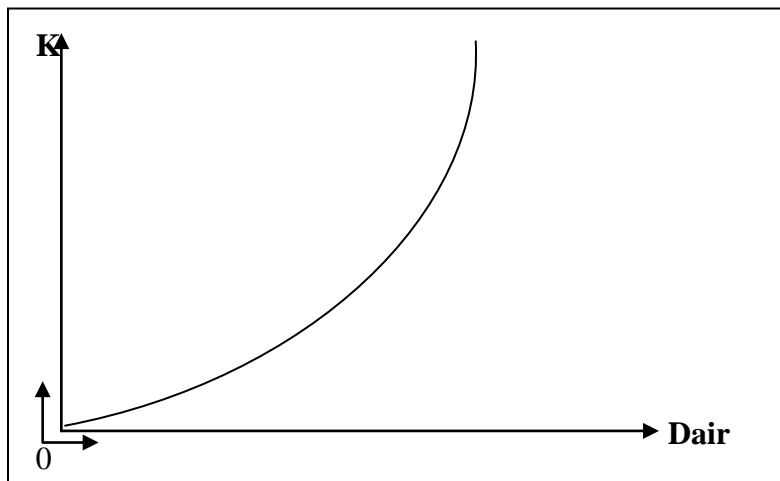


Figure IV.2 : Variation de K en fonction de la distance Air

IV5.2. Intérêt du Transport Carburant :

A/ Principe du Calcul de Gain ou de perte :

Soient :

P_a : Le prix carburant au terrain d'arrivée

P_d : Le prix carburant au terrain de départ

P_h : Le coût marginal à l'heure de vol

ΔMD : La surcharge carburant au décollage

ΔMA : La surcharge carburant à l'atterrissage

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

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

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

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

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

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

$\Delta T * P_h$ avec $\Delta T > 0$ pour une augmentation du temps de vol.

D'où le bilan économique :

$$(\Delta MD - \Delta C) * P_a - \Delta MD * \Delta T * P_h = \Delta MA (P_a - k * P_d) - (\Delta T * P_h)$$
$$\Delta MA (P_a - k * P_d) - (\Delta T * P_h) \dots \dots \dots (1)$$

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

Si (1) < 0 => $\Delta MA * P_a < \Delta MA * k * P_d + \Delta T * P_h$ => perte financière

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

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

B/ Cas de Vol à Mach Constant :

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

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

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

$$P_a / P_d > k$$

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

C/ Cas de vol long range ou PRM :

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

IV.5.3. Les raisons de Transport Carburant :

- Réduire le temps d'escale à l'aéroport de destination
- Insuffisance de carburant à destination. **Exemple :** l'aéroport de Tamanrasset (situation de manque de ravitaillement carburant)
- Qualité de carburant insatisfaisante à l'aéroport de destination.
- Différence du tarif carburant entre l'aéroport de destination et celui du départ.

IV.5.4. Conséquences du Transport de Carburant :

- Le surplus de carburant embarqué au départ engendre une consommation au départ supplémentaire, donc la différence de prise doit couvrir cette surconsommation.
- La quantité de carburant embarqué doit toujours respecter les limites opérationnelles MTOW, limitation du jour MLAW, capacité réservoir.
- Le niveau de vol initial peut être réduit.
- Le poids au décollage devient significativement supérieur
Résultats : vitesse supérieure au décollage.
Poussée réduite rarement appliquée.
- Le poids à l'atterrissage devient significativement supérieur.

IV.5.5. Limitations du Transport Carburant :

Le tableau suivant représente les différentes limitations :

Catégorie d'étapes	Condition déterminante	Remarque
Courtes	Limitation MMSC ou MMSA	-
Moyennes	Limitation MMSA	-
Longues ou océaniques	Limitation MMSD ou capacité réservoirs (temps de vol élevé)	Recherche possibilité ETF

Tableau IV.6 : Limitations Du Transport Carburant

Quand le prix du carburant à destination est supérieur à celui au départ il devient bénéfique d'étudier l'intérêt d'emport carburant, dans le but de réduire le cout total de carburant de vol.

III.5.6. Ordre de Grandeur de Coefficient de Transport :

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

a. Transport De Carburant

Le tableau ci dessous représente le coefficient de transport (k) en fonction de la distance déterminé par le constructeur.

Pour les A330-200 on a le tableau suivant :

Distance en NAM	Coefficient de transport K
200	1.015
400	1.032
600	1.046
800	1.062
1000	1.078
2000	1.179
3000	1.313
4000	1.500

Tableau IV.7 : Coefficient de Transport en fonction de la Distance

Exemples :

➤ **Mois de juin**

1. Le prix du baril en ALGERIE est de 86.77\$/HL pour les vols internationaux :

AIRBUS 330-200

Etape	Prix à la destination Pa(S/HL)	La distance (NAM)	Pa/Pd	Gain ou perte due à l'emport du carburant
ALG-TUN	87	357	1.009	Perte
ALG-JED	79	2130	0.916	Perte
ALG-SVO	74	1935	0.858	Perte
ALG-YUL	72	4002	0.835	Perte
ALG-FRA	90	916	1.044	Gain

Tableau IV.8 : Calcul de Gain ou de perte due a l'emport du Carburant

2. Pour les vols domestiques A330-200:

Etapes	Distances (NAM)	Prix destination Pa (DA/HL)	Prix distination Pa (DA/HL)	Pa/Pd	Gain ou perte dues à l'emport du carburant
ALG- CZL	186	1414.28	1414.28	1	Perte
ALG- ORN	224	1414.28	1414.28	1	Perte
ALG- AAE	241	1414.28	1475.25	1.043	Gain
ALG- TLM	276	1414.28	1475.25	1.043	Gain
ALG- HME	362	1414.28	1597.21	1.129	Gain
HME- ORN	488	1597.21	1414.28	0.885	Perte
CZL- IAM	532	1414.28	1791.17	1.215	Gain

Tableau IV.9 : Calcul de Gain ou de perte due a l'emport du Carburant.

Exemples :

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

Voici quelques exemples pour différentes étapes :

Etape :

Prix carburant

ALG
82 \$/H1
1.0214\$/kg

JED
93\$/H1
1.1584\$/kg

01000kg
00096kg
1096kg

01000kg
0
01000kg

Prix/kg

Comparaison prix :

Carburant supplémentaire

Surconsommation

Carburant total

Coût carburant

Gain :

Etape3 :

Prix carburant

Prix/kg

Comparaison prix :

Carburant

Supplémentaire

Surconsommation

Carburant total

Coût carburant

Gain :

ALG

51\$/H1

0.6352\$/k

7823kg

200kg

8023kg

5096\$

+69\$

+9\$/Tonne

MAD

53\$/H1

0.6601\$/kg

7823kg

0

7823kg

5164\$

Etape4 :

Prix carburant

Prix/kg

Comparaison prix :

Carburant

Supplémentaire

Surconsommation

Carburant total

Coût carburant

Perte :

ALG

57\$/H1

0.7100 \$/kg

2692kg

265kg

2957kg

2099\$

-322\$

-119\$/Tonne

SVO

53\$/H1

0.6601\$/kg

2692 kg

0

2692kg

1777\$

IV.5.7. Masse au Décollage :

- **L'Effet De Surcharge Au Décollage :**

Une autre manière d'économiser le carburant est d'éviter l'excès de masse au décollage, qui comprend le poids à vide de l'avion, la charge utile plus le carburant. Une variation **d'une tonne** sur la masse à vide produit une variation de **3.5 tonne** sur la masse au décollage.

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

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

L'élimination progressive du double emport par la mise en place d'un catering local dans les aéroports de destination et la limitation de la masse d'eau emportée (L'emport a été réduit de 25% sur les avions long courriers) permettent de réduire la masse au décollage.

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

Exemples Chiffrés :

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

Model	Etape	Masse de décollage estimé (kg)	Vent (kt)	Fuel (kg) increase/decrease
A330-200(7T-VJV)	ALG-JED	173023	+17	15
A330-200(7T-VJJ)	ALG-FRA	160189	-04	22
A330-200(7T-VJX)	ALG-YUL	194292	+44	14
A330-200(7T-VJZ)	ALG-TLM	148222	+09	36
A330-200(7T-VJW)	ALG-HME	149848	+08	26

Tableau IV.10 : L'effet de Surcharge au Décollage

IV.6. Utilisation de l'APU :

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

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

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

IV.6.1. Consommation APU :

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

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

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

- **Alimentation Electrique :**

Réalisée par APU ou par groupe de parc (GPU) en l'absence de celui-ci. Le GPU fournit les tensions désirées par exemple :

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

- **Alimentation Pneumatique :**

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

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

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

Au sol

Modèle	Sans Charge	Charge électrique et pneumatique Kg/h
A330	68	105

Tableau IV.11 : Consommation de l'APU au Sol

En vol

Altitude pression (1000ft)	APU fuel flow (Kg/h)
39	45
35	45
31	50
25	60
20	65
15	75
10	85
5	95

Tableau IV.12: Consommation de l'APU en Vol

IV.6.2. La Mise en marche des Moteurs :

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

IV.6.3. La Poussée qu'il faut avoir pour le déplacement Initial de L'avion :

Quand un moteur sera coupé, la poussée totale de l'avion sera par conséquent réduite. La poussée qu'il faut avoir pour le déplacement initial de l'avion (break way thrust) sera plus élevée si tous les moteurs sont en marches.'

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

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

IV.6.4. Caractéristique de Consommation Carburant au Décollage :

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

Qu'elle est la quantité supplémentaire de carburant consommé par l'APU comparée à celle consommée en roulant avec un moteur en régime ralenti ? (en KG) ;

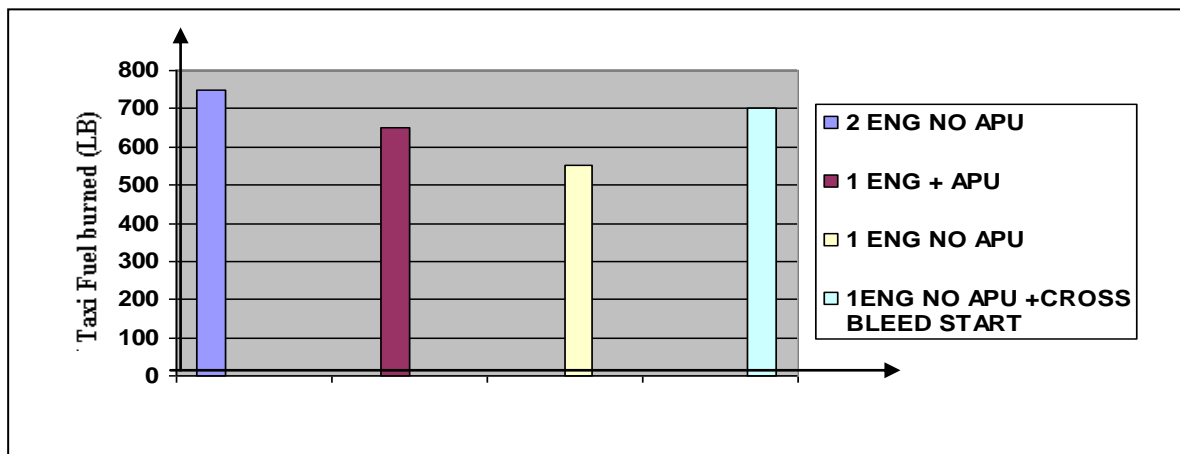


Figure IV.3 : Caractéristique de Consommation Carburant au Roulage (A330)

Aircraft	APU	Engine FF Kg/hr/eng	APU FF Kg /hr	Extra fuel for 1 minute
A330	331-350	720	175	9

Tableau IV.13 : Consommation de Carburant due à l'utilisation de l'APU

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

IV.7. Amélioration technique sur l'avion :

IV.7.1. La traînée :

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

Il y a deux types de traînée :

- **Traînées parasites :**

Elle inclue la traînée due à la pression ou à la forme aérodynamique de l'avion, la traînée due au frottement superficiel et la traînée produite à cause de l'écoulement d'air sur l'avion (les ailes, les empennages,...).

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

Model	Fuel penalties for 1% drag U.S Gallon/year
A330	15.000-25.000

Tableau IV.14: Surcoût due à l'augmentation de la traînée

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

- **Remèdes pour réduire la traînée :**

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

Durant l'entretien on doit surveiller

- ✚ L'état de déformation des surfaces.
- ✚ Les ajustements défectueux (becs, volets, portes, ...).
- ✚ Le réglage des gouvernes.

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

- **Traînée Induite (Conséquence De La Portance) :**

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

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

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

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

IV.8. Dégradation de performances avion et entretien :

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

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

Or, en pratique chaque appareil s'éloigne légèrement de sa performance standard. Pour des raisons de sécurité, à priori on considère que les performances de l'avion sont moins bonnes que celles annoncées, ce qui conduit à embarquer un surplus de carburant par rapport à la quantité calculée .Ce surplus est demandé par les membres d'équipage pour compenser la méconnaissance des performances réelles de l'avion.

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

IV.8.1. 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 anciens avions, ces relevés sont effectués par le mécanicien navigant. Ils sont forcément limités (généralement un par vol). Sur les avions de technologie récente ; comme le B737-800, ces relevés sont effectués automatiquement par un ordinateur 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 c'en tenant compte des éléments du vol (mach, FL, T, GW).

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

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

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

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

Le tableau ci-dessous, résume les résultats obtenus des coefficients de dégradation de performances des avions **AIRBUS A330-200 d'AIR ALGERIE**,

Matricules : **7T-VJZ ; 7T-VJV ; 7T-VJX ; 7T-VJY ; 7T-VJW.**

	DN1M %	DFFAM %	DFFBM %	DEGTM %	DSR %
7T-VJZ	0.301	1.284	-0.658	0.301	-0.610
7T-VJV	-0.074	-0.301	0.552	0.618	-0.232
7T-VJX	-0.098	-0.407	0.824	0.034	-0.446
7T-VJY	0.077	-0.307	0.773	0.232	-0.518
7T-VJW	0.048	0.219	0.670	-0.352	-0.895
Moyenne de la flotte	0.02	0.097	0.432	0.16	-0.540

Tableau IV.15 : Coefficient De Dégradation De Performances A330-200

Remarque :

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

IV.8.2. Paramètres Influant Sur La Dégradation :

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

Aussi, l'automatisation d'augmenter le nombre de relevés par avion, les résultats qui n'étaient significatifs, pour les anciens avions qu'au niveau d'une flotte (on pouvait dire par exemple que les A330-200, dans leur ensemble, consommaient 10% de plus que prévu par le constructeur), deviennent significatifs pour un avion donné, voir pour un moteur particulier sur un avion ou sur une ligne particulière.

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

- **La Dégradation des Moteurs :**

Pour des conditions extérieures données et une valeur de N1 mesurée, la comparaison de la consommation réelle à la consommation théorique (prévue pour

donner cette valeur de N_1) permet de détecter une dégradation dans le fonctionnement du réacteur. Une action de maintenance peut alors être envisagée.

- **La Dégradation des performances Aérodynamique de la Cellule :**

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

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

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

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

IV.8.3. 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 et régularité).

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 », aux alentours de 400 heures, visite « B » 1600 heures, visite « C » annuelle.
- ✚ Le grand entretien d'une durée de 2 à 5 semaines : « 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.

Quand à la surveillance (monotoring) des performances des réacteurs, elle est assurée en utilisant plusieurs méthodes de suivi des dégradations à caractère progressif : mesures comparatives des paramètres moteurs (températures, consommations,...) ; mesures des concentrations d'éléments révélateurs dans les fluides organiques.

De plus, la maintenance des réacteurs a été considérablement facilitée par leur conception modulaire rendant possible l'échange standard du seul module concerné.

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

Un bon entretien des moteurs permet de réduire les consommations de carburant. Air Algérie vise ainsi à économiser environ 1 000 tonnes de carburant par an, Ce type d'action, qui se justifie aujourd'hui par la hausse des prix du pétrole mais qui n'est pas le fait de toutes les compagnies, loin de là, pourrait se généraliser si une mesure d'incitation financière (permis, taxe, redevance, etc.) était mise en oeuvre.

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

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

De même, l'entretien des cellules peut faire économiser jusqu'à 500 litres de carburant par an et par avion, d'après l'OACI. Les appareils tendent en effet à se salir, aussi bien au sol qu'en vol.

L'accumulation de poussières sur la carlingue nuit à son aérodynamisme, par conséquent un nettoyage permet non pas d'améliorer, mais simplement de préserver l'aérodynamisme de l'avion.

Toutefois cette opération est longue et coûteuse ; là encore une incitation économique favoriserait un entretien plus rigoureux des cellules.

Le calcul du coefficient de dégradation assure un intérêt opérationnel et un autre 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 informatisé et le carburant effectivement consommé servira à :

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

Il s'agit en effet de mettre les équipages plus en confiance 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 Economique :

L'analyse des éléments pouvant être la cause d'une augmentation de la consommation et 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.

Prix du baril **86.28\$/HL**

La densité de carburant est $0.79 = \text{Masse} / \text{Volume} = 1\text{Kg} / 1\text{L}$
 $1\text{HL} \rightarrow 126.58\text{kg}$

Donc le prix de carburant est de **0.76\$/kg**

IV.9. Utilisation de la poussée réduite au Décollage :

On peut parler d'utiliser la poussée réduite, quand on aura la masse réelle de décollage inférieure à la masse maxi de décollage.

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

Les avantages dus à l'utilisation de la poussée réduite sont :

- ✚ Augmenter la vie du moteur.
- ✚ Améliorer la précision du moteur.
- ✚ Réduire les coûts d'entretien.

Deux méthodes sont disponibles :

1. Flexible take-off ;
2. derated take-off thrust.

IV.9.1. Détermination de la Poussée Réduite :

- **Flexible Take-Off :**

- + La masse maxi au lâché des freins varie en fonction de la température, pour une piste à des conditions extérieures fixées.
- + A une température extérieure réelle correspond une masse m_1 maximal, or que le décollage s'effectue à une masse $m_2 < m_1$.
- + La poussée à afficher sera déterminée à partir d'une température fictive telle que la masse maxi sera égale à m_2 , la température fictive doit rester dans le domaine de vol certifié.

Exemple :

La table ci-dessous représente l'utilisation de la poussée réduite pour un A330- 200

A330202 - JAA		CF6-80E1A4 engines		ALGER - HOUARI BOUMEDIENE				05	26.0.2 05-DEC-10 AB202C02 V13	
QNH 1013.25 HPA				ALG - DAAG					3 obstacles	DRY TOGA
Air cond. On				Elevation 82 FT TORA 3500 M Isa temp 15 C Clearway 0 M rwy slope 0.09% Stopway 0 M						
Anti-icing Off										
v2/vs range: 1.200 - 1.350 (except for influences)										
All reversers inoperative										
Dry check										
Obstacle clearance = 35 ft										
OAT	CONF 1+F			CONF 2			CONF 3			
	TAILWIND -10 KT	WIND 0 KT	HEADWIND 10 KT	TAILWIND -10 KT	WIND 0 KT	HEADWIND 10 KT	TAILWIND -10 KT	WIND 0 KT	HEADWIND 10 KT	
-10	236.2 4/6 153/60/66	249.9 3/4 163/65/71	252.8 3/4 167/69/74	241.1 4/6 152/55/61	249.2 3/4 163/67/72	251.2 3/4 166/70/75	237.3 3/4 155/61/66	239.9 2/4 160/68/73	239.9 3/4 158/68/73	
0	232.9 4/6 151/58/65	247.3 3/4 161/64/70	250.8 3/4 164/67/72	239.0 4/6 150/53/59	247.6 3/4 160/64/69	249.6 3/4 164/68/73	235.9 3/4 153/59/64	239.7 3/4 162/68/73	239.7 3/4 160/68/73	
10	229.2 3/6 149/57/64	244.2 4/6 159/63/69	248.5 3/4 162/65/70	236.7 4/6 148/51/57	245.8 3/4 158/62/67	247.9 3/4 161/66/71	234.4 3/4 151/56/62	238.9 3/4 161/67/71	239.3 2/4 161/68/73	
20	225.6 3/6 148/56/62	241.0 4/6 157/62/68	245.4 3/4 160/64/69	233.8 4/6 146/50/56	243.6 3/4 156/60/65	246.0 3/4 159/63/68	232.6 4/6 148/54/60	237.4 3/4 159/65/69	238.5 3/4 162/68/72	
25	223.8 3/6 147/55/62	238.4 4/6 156/61/67	243.9 3/4 159/63/69	232.4 4/6 145/50/56	242.5 3/4 155/59/64	245.0 3/4 158/62/67	231.6 4/6 147/53/59	236.8 3/4 158/63/68	237.9 3/4 161/67/71	
28	222.8 3/6 146/55/61	238.4 4/6 156/61/67	243.0 3/4 159/63/68	231.5 4/6 144/49/55	241.9 3/4 154/58/64	244.5 3/4 157/62/67	231.1 4/6 147/53/58	236.3 3/4 157/63/67	237.5 3/3 160/66/71	
30	222.0 3/6 146/55/61	237.7 4/6 155/61/66	242.2 3/4 158/62/68	230.8 4/6 144/49/55	241.3 3/4 154/58/63	243.8 3/4 157/61/66	230.5 4/6 146/52/58	235.8 3/4 156/62/67	237.0 3/3 160/66/70	
32	220.3 3/6 146/54/61	235.5 3/4 155/60/66	239.6 3/4 158/62/67	228.7 4/6 144/49/54	238.3 3/4 154/58/63	240.8 3/4 157/61/66	227.6 3/4 146/52/57	232.7 3/4 156/62/67	233.8 2/3 160/65/69	
34	218.5 3/6 147/54/60	232.8 3/4 155/59/65	236.8 3/4 157/61/66	226.4 3/4 145/48/54	235.3 3/4 153/57/62	237.6 3/4 157/60/65	224.5 3/4 146/52/57	229.3 3/4 156/62/66	230.4 3/4 159/65/69	
36	216.8 3/6 147/53/59	230.1 3/4 155/58/64	234.1 3/4 157/60/65	223.7 3/4 145/47/53	232.2 3/4 153/57/62	234.4 3/4 156/60/65	221.4 3/4 146/51/56	226.0 3/4 156/61/66	226.9 2/4 159/64/68	
38	214.6 3/3 147/53/59	227.4 3/4 154/58/63	231.4 3/4 157/59/64	221.1 3/4 144/47/52	229.3 3/4 153/56/61	231.3 3/4 156/60/64	218.4 3/4 146/51/56	222.7 3/4 156/61/65	223.5 3/4 158/63/67	
40	212.2 3/3 147/52/58	224.7 3/4 154/57/62	228.6 3/4 156/58/63	218.3 3/4 144/46/51	226.1 3/4 153/56/60	228.1 3/4 156/59/64	215.3 3/4 146/51/55	219.4 3/4 155/60/65	219.8 2/4 156/62/66	
42	209.7 3/4 146/51/57	221.7 3/4 154/56/61	225.4 3/4 156/57/62	215.1 3/4 144/46/51	222.7 3/4 152/55/60	224.6 3/4 156/59/63	211.9 3/4 146/50/55	215.7 3/4 155/60/64	215.9 3/4 154/60/65	
44	207.1 3/4 146/50/56	218.6 3/4 153/55/60	221.9 3/4 156/57/62	211.8 3/4 144/45/50	219.1 3/4 152/55/59	220.9 3/4 155/58/63	208.4 3/4 145/50/54	211.8 2/4 155/59/63	211.8 3/4 153/59/63	
46	204.3 3/4 145/50/55	215.3 3/4 153/54/59	218.2 3/4 156/56/61	208.4 3/4 143/45/50	215.3 3/4 152/55/59	217.0 3/4 155/58/62	204.9 3/4 145/49/54	207.6 2/4 153/58/62	207.6 2/4 151/58/62	
48	201.4 3/4 145/49/54	211.9 3/4 153/53/58	214.5 3/4 155/56/61	204.9 3/4 143/44/49	211.4 3/4 152/54/58	213.0 3/4 155/57/61	201.2 3/4 145/49/53	203.5 2/4 151/56/60	203.5 3/4 149/56/60	
50	198.4 3/4 145/48/53	208.3 3/4 152/52/57	210.7 3/4 155/55/60	201.5 3/4 143/44/48	207.6 3/4 152/54/58	209.1 3/4 155/57/61	197.5 3/4 145/48/53	199.3 3/4 149/55/58	199.3 2/4 147/55/58	
52	195.1 3/4 144/46/51	204.2 3/4 152/52/56	206.4 3/4 155/55/59	197.6 3/4 143/44/48	203.2 2/4 151/53/57	204.4 3/4 155/57/60	193.1 2/4 145/48/52	194.4 3/4 146/53/56	194.4 3/4 144/53/56	
54	191.6 3/4 144/45/50	199.6 3/4 152/52/56	201.7 2/4 154/54/58	193.6 3/4 143/43/47	198.7 3/4 151/53/57	199.4 3/4 154/56/60	188.7 3/4 145/48/52	189.5 3/4 143/51/54	189.5 3/4 141/51/54	
56	188.8 3/4 144/44/49	196.0 3/4 151/51/55	198.2 2/4 153/53/57	190.5 3/4 142/43/47	195.0 3/4 151/53/56	195.6 3/4 154/56/59	185.3 3/4 144/47/51	185.7 3/4 141/49/53	185.7 3/4 139/49/53	
58	186.8 3/4 143/43/48	193.6 4/4 150/50/54	195.6 2/4 153/53/57	188.2 3/4 142/42/46	192.4 3/4 151/52/56	192.9 3/4 154/56/59	182.8 3/4 144/47/51	183.1 3/4 140/48/52	183.1 3/4 138/48/52	
60										
INFLUENCE OF RUNWAY CONDITION										
WET	-9.9 -8 -14 -4 -4 (+58) -13.3 -11 -13/ 0/ 0	-8.7 -6 -11/ -6 -6 (+58) -11.3 -8 -10/ 0/ 0	-7.7 -5 -10 -6 -6 (+58) -10.7 -7 -10/ 0/ 0	-10.3 -7 -12/ -6 -6 (+58) -12.1 -8 -12/ 0/ 0	-7.2 -5 -11/ -8 -8 (+58) -13.5 -8 -9/ 0/ 0	-6.2 -4 -10/ -7 -7 (+58) -13.3 -8 -9/ 0/ 0	-7.9 -5 -13/ -9 -9 (+58) -15.8 -10 -11/ 0/ 0	-4.0 -3 -10/ -7 -7 (+58) -12.4 -7 -8/ 0/ 0	-3.4 -2 -9/ -6 -6 (+58) -10.8 -6 -7/ 0/ 0	
D QNH HPA	INFLUENCE OF DELTA PRESSURE									
-10.0	-1.8 -2 -1/ -1 -2 (+58) -1.8 -2 -1/ 0/ 0	-2.6 -2 -1/ -1 -1 (+58) -2.6 -2 -1/ 0/ 0	-2.5 -2 -1/ -1 -1 (+58) -2.5 -2 -1/ 0/ 0	-2.3 -2 -1/ -1 -1 (+58) -2.3 -2 -1/ 0/ 0	-2.5 -2 -1/ -1 -1 (+58) -2.5 -2 -1/ 0/ 0	-2.5 -2 -1/ -1 -1 (+58) -2.5 -2 -1/ 0/ 0	-2.3 -2 -1/ -1 -1 (+58) -2.3 -2 -1/ 0/ 0	-2.4 -2 -1/ -1 -1 (+58) -2.4 -2 -1/ 0/ 0	-2.4 -2 -1/ -1 -1 (+58) -2.4 -2 -1/ 0/ 0	
+10.0	+1.0 0 0/ 0/ 0 (+58) +1.0 0 0/ 0/ 0	+0.8 0 0/ 0/ 0 (+58) +0.8 0 0/ 0/ 0	+0.9 0 0/ 0/ 0 (+58) +0.9 0 0/ 0/ 0	+0.8 0 0/ 0/ 0 (+58) +0.8 0 0/ 0/ 0	+0.8 0 0/ 0/ 0 (+58) +0.8 0 0/ 0/ 0	+0.9 0 0/ 0/ 0 (+58) +0.9 0 0/ 0/ 0	+0.9 0 0/ 0/ 0 (+58) +0.9 0 0/ 0/ 0	+1.0 0 0/ 0/ 0 (+58) +1.0 0 0/ 0/ 0	+1.0 0 0/ 0/ 0 (+58) +1.0 0 0/ 0/ 0	
INFLUENCE OF ANTI-ICING ONLY BELOW OAT = 10 C										
Engine only	-0.2 -3 0/ -1 -1 (+10) -0.2 -3 0/ 0/ 0	-0.6 -3 0/ 0/ 0 (+10) -0.6 -3 0/ 0/ 0	-0.5 -2 0/ 0/ 0 (+10) -0.5 -2 0/ 0/ 0	-0.6 -2 0/ 0/ 0 (+10) -0.6 -2 0/ 0/ 0	-0.5 -2 0/ 0/ 0 (+10) -0.5 -2 0/ 0/ 0	-0.5 -2 0/ 0/ 0 (+10) -0.5 -2 0/ 0/ 0	-0.4 -2 0/ 0/ 0 (+10) -0.4 -2 0/ 0/ 0	-0.3 -2 0/ 0/ 0 (+10) -0.3 -2 0/ 0/ 0	-0.3 -2 0/ 0/ 0 (+10) -0.3 -2 0/ 0/ 0	
Engine & Wing	-2.1 -5 -2/ -1 -1 (+10) -2.1 -5 -2/ 0/ 0	-2.5 -5 -1/ -1 -1 (+10) -2.5 -5 -1/ 0/ 0	-2.1 -5 -1/ -1 -1 (+10) -2.1 -5 -1/ 0/ 0	-2.4 -5 -2/ -1 -1 (+10) -2.4 -5 -2/ 0/ 0	-2.1 -5 0/ -1 -1 (+10) -2.1 -5 0/ 0/ 0	-2.2 -5 0/ -1 -1 (+10) -2.2 -5 0/ 0/ 0	-2.3 -5 -1/ -1 -1 (+10) -2.3 -5 -1/ 0/ 0	-2.1 -5 0/ 0/ 0 (+10) -2.1 -5 0/ 0/ 0	-2.1 -5 -1/ -1 -1 (+10) -2.1 -5 -1/ 0/ 0	
LABEL FOR INFLUENCE	MTOW(1000 KG) codes		VMC	Tref (OAT) = 30 C		Min acc height	450 FT	Min QNH alt		
DW (1000 KG) DTFLX	V1min/VR/V2 (kt)		LIMITATION	Tmax(OAT) = 55 C		Max acc height	2000 FT	532 FT		
DV1-DVR-DV2 (KT)	LIMITATION CODES:						Min V1/VR/V2 = 113/13/17			
(TVMC OAT C) DW (1000 KG) DTFLX	1=1st segment 2=2nd segment 3=runway length 4=obstacles						CHECK VMU LIMITATION			
DV1-DVR-DV2 (KT)	5=tire speed 6=brake energy 7=max weight 8=final take-off 9=VMU						Correct. V1/VR/V2 = 0.3 KT/1000 KG			

Figure IV.4 : La détermination de la poussée réduite

Cette température sera introduite dans le FMS afin d'obtenir la poussée réduite nécessaire pour ce vol.

- **Derated Take-Off Thrust :**

Deux montants de derated sont disponibles : D1 et D2

Chaque niveau de derated est certifié et est associé à un nouvel ensemble de données de performances.

IV.9.2. Conditions d'utilisation de la poussée réduite :

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

- + Les marges de vitesses minimales associées au décollage (V1, VR, V2).
- + Les performances ascensionnelles exigées tout au long de la trajectoire réglementaire de décollage.
- + La poussée affichée doit respecter au moins 75% de la poussée maximale de décollage dans les conditions ambiantes.
- + Pour le flexible take-off au cours de manoeuvre de décollage, il est possible d'afficher la pleine poussée (notamment en cas de panne moteurs), sans aucune difficulté de contrôlabilité de l'avion ou de temps de réponse des moteurs.
- + Toutes les limitations au décollage doivent être respectées avec la poussée réduite.
- + Un avion n'utilise la poussée maxi décollage que de façon occasionnelle. C'est pourquoi la réglementation impose à l'exploitant de vérifier que la poussée maximale de décollage est toujours disponible par la mise en place d'une procédure de contrôle périodique : par exemple, prévoir systématiquement le premier décollage de la semaine avec la pleine poussée pour s'assurer que celle-ci ne s'est pas dégradée.

IV.9.3. Restriction d'utilisation :

L'utilisation de la poussée réduite est interdite:

- Quand l'antiskid ou tout autre moyen de ralentissement, pris en compte la certification est indispensable.
- Quand l'avion est dans une configuration particulière affectant ses performances.

- Pour le flexible take-off sur les pistes mouillées, sauf s'il est tenu compte de l'augmentation des distances d'arrêt (ASDA).
- Pour le flexible take-off sur les pistes contaminées.

IV.9.4. La Consommation Carburant et la poussée réduite :

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

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

Pour des considérations d'économie de carburant, les bénéfices du moteur à poussée réduite lui correspondent une augmentation de la consommation de carburant (augmentation de la distance de décollage et diminution de la pente), qui est le résultat du fonctionnement à un niveau de poussée plus bas.

Le graphe suivant montre l'augmentation de la consommation de carburant et la réduction des coûts de maintenance dues à l'utilisation de la poussée réduite.

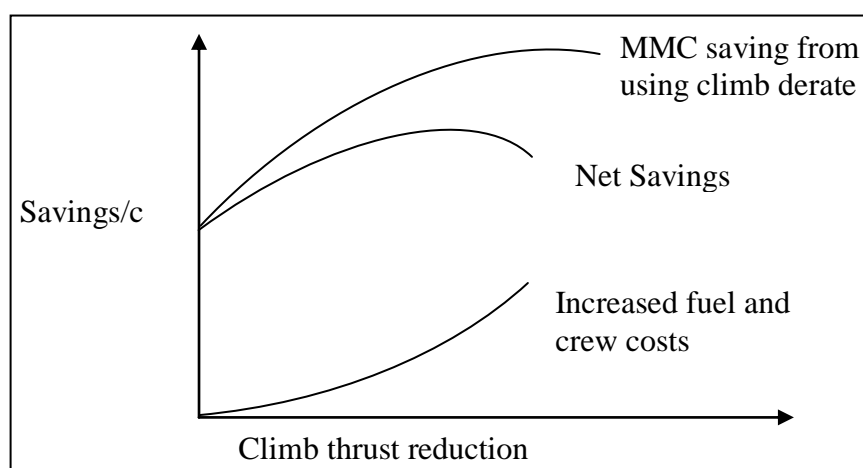


Figure IV.6 : La Consommation De Carburant Et Les Coûts De Maintenance Due A L'utilisation De La Poussée Réduite

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

Donc une réduction de poussée initiale sur un avion impose une augmentation de consommation carburant, et permet d'éviter que les températures des parties chaudes des réacteurs atteignent les valeurs critiques de fonctionnement, les premiers degrés de réduction sont donc les plus bénéfiques.

V.1. Introduction :

V.2. La Montée:

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

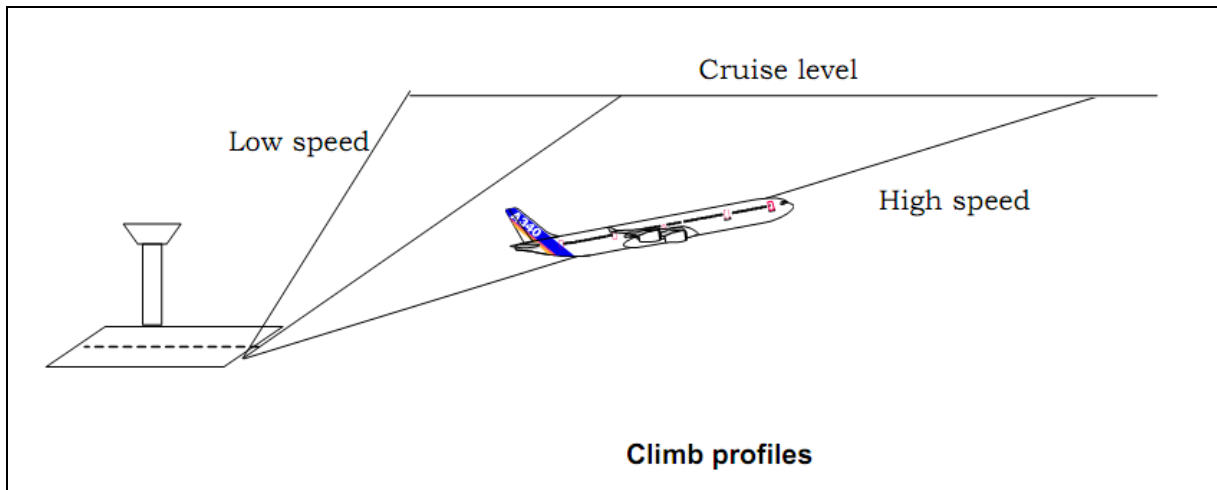


Figure V.1 : Profil de montée

Il s'agit sur le parcours AB de minimiser la consommation, il faut donc trouver la vitesse à afficher pour ceci.

La vitesse initiale de montée est **280 kt**, cependant l'ATC exige une vitesse maximale de **250 kt** jusqu'au niveau **100** par conséquent on a une surconsommation de **25 kg** de carburant.

V.2.1. La montée pour l'A330-200 :

La montée est normalement exécutée en trois phases à vitesse de montée d'IAS/Mach constante et poussée maximum de montée, comme suit :

- + 250 KT vitesse indiquée (IAS) est maintenue jusqu'au niveau 100 de vol, après l'avion accélère à l'IAS indiquée choisie (par exemple 280 kts) ;
- + Une IAS constante est maintenue jusqu'à l'altitude de croisement 'crossover altitude';
- + Un nombre de mach constant est maintenu jusqu'au top of climb.

V.2.2. Altitude de croisement :

L'altitude de croisement est l'altitude où nous passons de l'IAS constante de montée à un nombre de mach constant de montée, elle dépend seulement de l'IAS et du mach choisis, et ne dépend pas de la variation de VISA (**le Top Of Climb**).

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

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

V.3. La Croisière :

La croisière est la phase la plus longue durant le vol, donc la consommation de carburant est plus importante.

La vitesse de croisière (IAS ou le nombre de mach) et l'altitude ou niveau de vol sont les deux paramètres qui influent sur la consommation du carburant dans cette phase.

Le choix correct des paramètres de croisière est donc fondamental dans la minimisation du carburant ou des frais d'exploitation.

V.3.1. Le choix de l'altitude de croisière :

V.3.1. 1. Altitude optimale :

L'altitude optimale est l'altitude pression où le rayon d'action spécifique est max pour une masse et une vitesse régulière donnée.

Les graphes suivants représentent la variation du rayon spécifique avec l'altitude pour les différentes masses et un mach constant (0.8M).

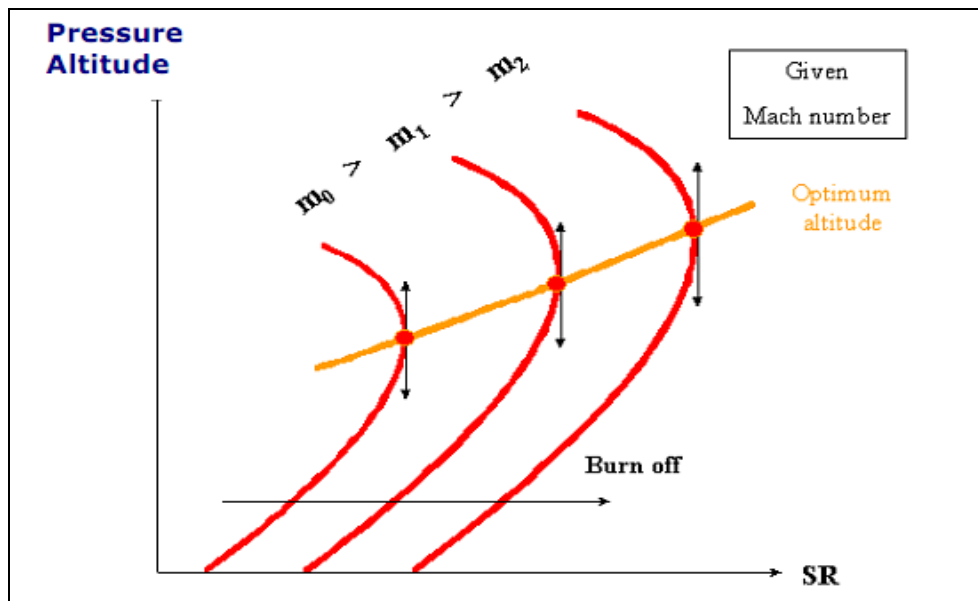


Figure V. 2: Détermination de l'altitude optimale pour un mach constant

On constate dans les graphes ci-dessus que le rayon d'action s'améliore avec l'altitude jusqu'à une valeur maximale (qui nous donne l'altitude optimale) et au-dessus de cette valeur le rayon d'action diminue, donc le niveau de vol en croisière doit être choisi aussi proche que possible de l'altitude optimale.

Les graphiques ci-dessous représentent l'altitude optimale pour une masse donnée et le Mach LRC/0.80 pour l'A330-200.

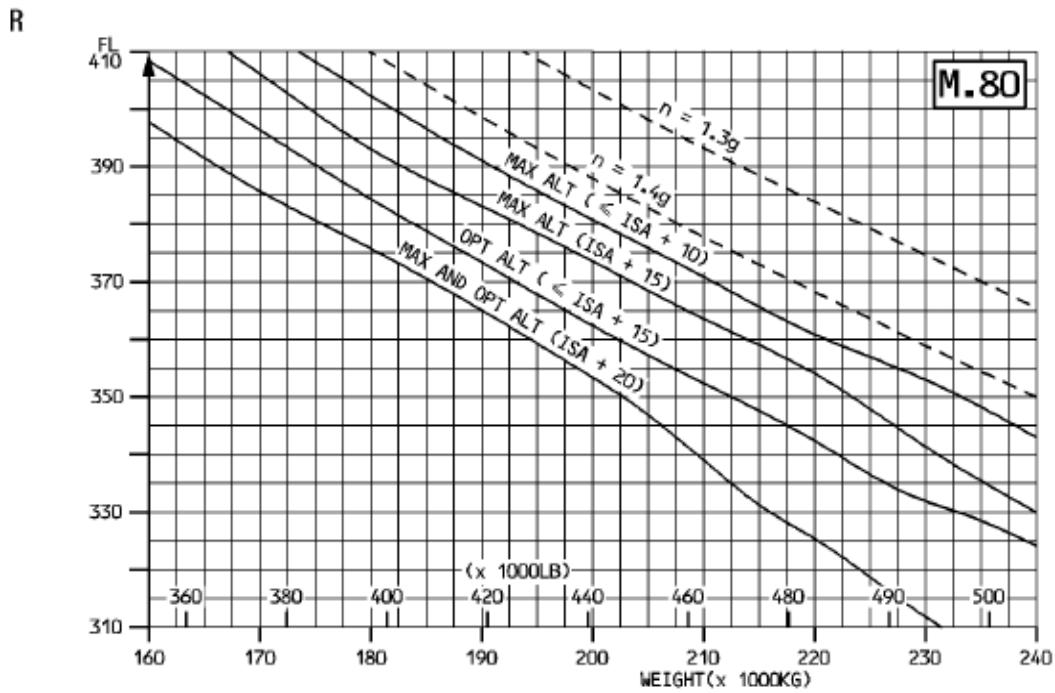


Figure V.3: Altitude optimale A330

Exemple :

Données : masse : 65 tonnes ; Pour Mach LRC Résultat : altitude optimale = 35500ft. Pour Mach 0.78

Résultat : altitude optimale = 36400ft

Aircraft	+2000ft	-2000ft	-4000ft	-6000ft
A330-203	1.8%	1.3%	4.2%	8.4%

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

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

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

V.3.1.2. Optimisation de la croisière avec la montée en palier 'stepped climb' :

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

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

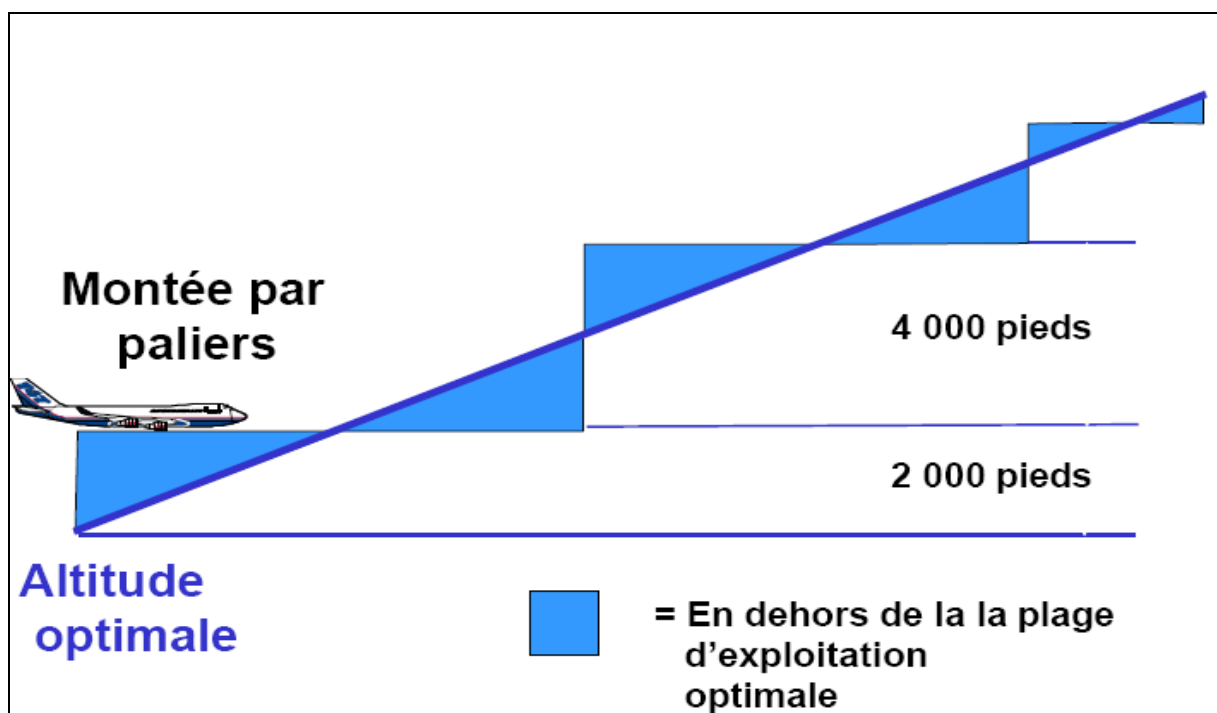


Figure V.4: Croisière par paliers successifs encadrant l'altitude optimale

- Sélection du profil :

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

Manœuvrabilité, confort passager et économie.

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

+ Le profil bas :

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

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

+ Le profil haut :

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

+ Le profil moyen :

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

Ces trois profils sont bien représentés dans la figure ci-dessous

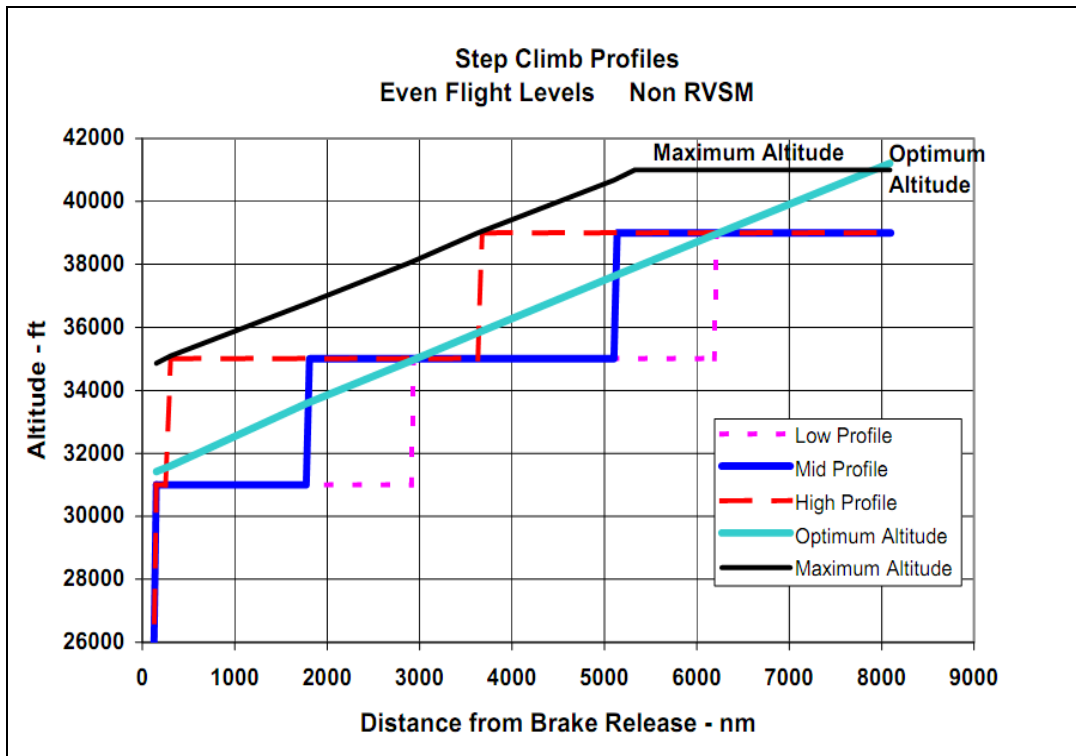


Figure V.5 : Profils de montée en escalier

V. 3.1.3. Altitude optimale sur les étapes courtes :

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

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

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

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

OPTIMUM ALTITUDE ON SHORT STAGE

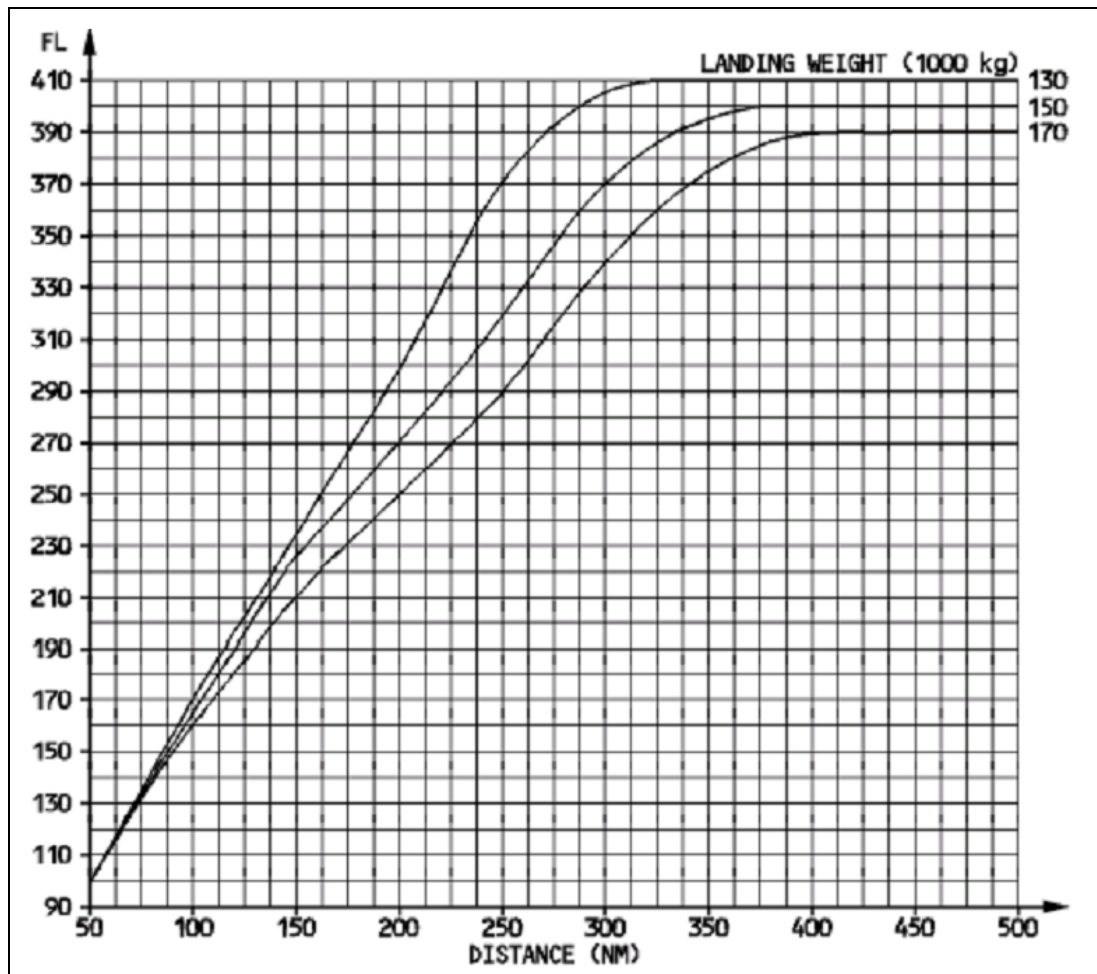


Figure V.6: Altitude optimale pour les étapes courtes

Exemple :

Données : distance sol = 200 NM

Temps de croisière = 20 mn

Résultat : altitude optimale = 25000 ft.

V.3.2. Optimisation de la vitesse de croisière :

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

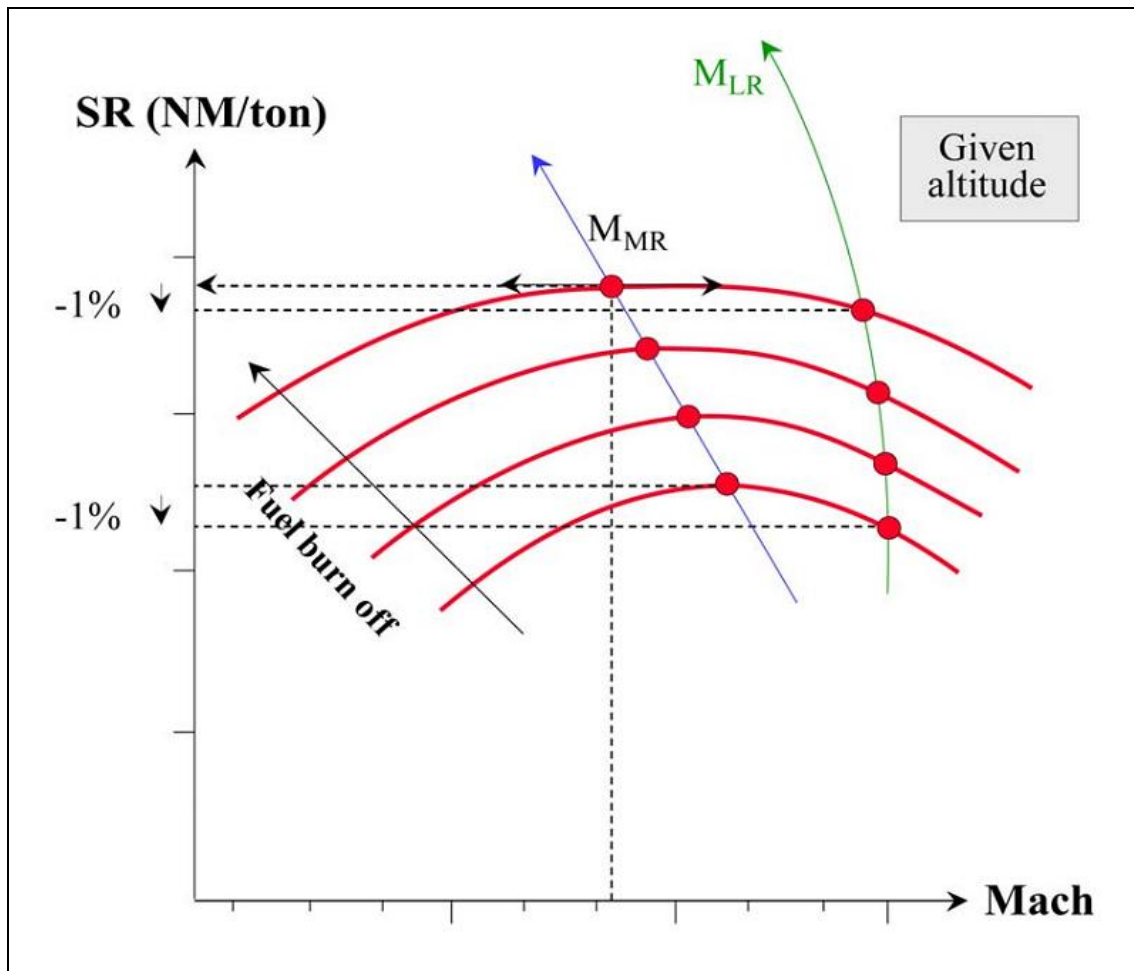


Figure V.7 : Optimisation de la vitesse de croisière

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

❖ Influence du vent sur le Mach

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

L'exemple suivant montre le mach long range et le mach maxi range en fonction du rayon spécifique par rapport à des variations de vent pour un A300- 200.

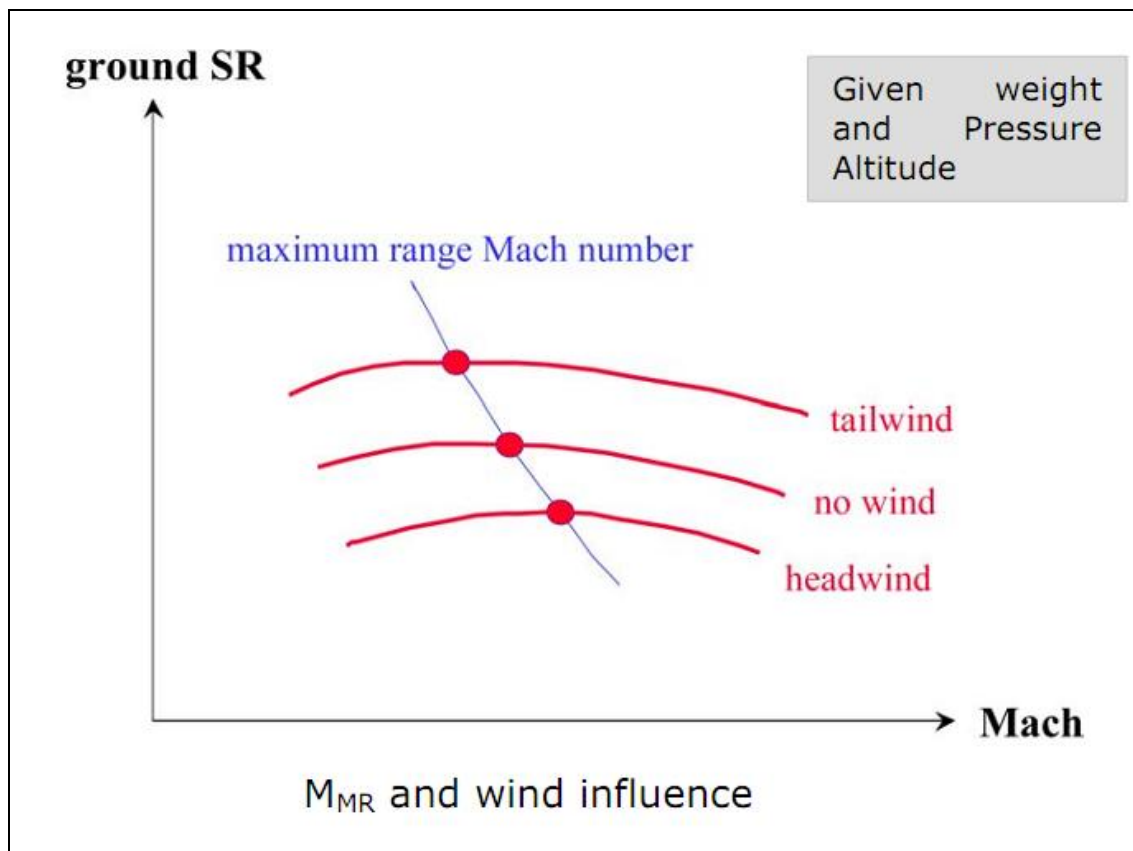


Figure V.8 : Influence du vent sur le Mach

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

V.3.3. Influence du vent sur l'altitude optimale :

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

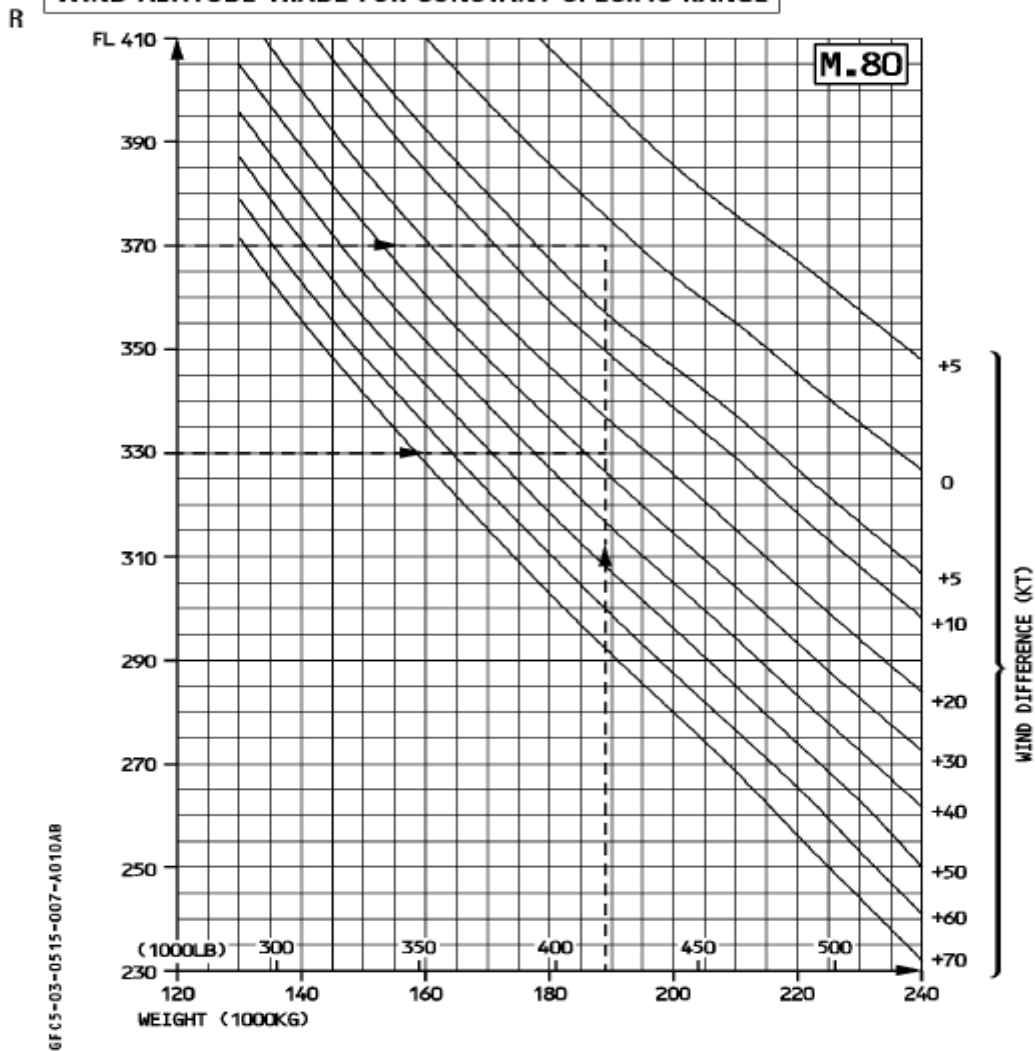
Néanmoins, il est possible qu'à une basse altitude avec un vent favorable, le rayon spécifique au sol s'améliore.

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

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

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

WIND ALTITUDE TRADE FOR CONSTANT SPECIFIC RANGE



GF 05-03-0515-007-A010AB

GIVEN : Weight : 188 000 kg (415 000 lb)
 Wind at FL370 : 10 kt head

FIND : Minimum wind difference to descend to FL330 : $(27 - 2) = 25$ kt

RESULTS : Descent to FL330 may be considered provided the tailwind at this altitude is more than $(25 - 10) = 15$ kt.

Figure V. 9: Influence du vent sur l'altitude optimale

V.3.4. Le FMS et le cost index (CI) :

V.3.4.1. Le FMS :

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

❖ Présentation :

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

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

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

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

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

Autre fois réservée pour les avions de ligne long courrier, le **FMS** est maintenant considéré comme un système à part entière. On le trouve ainsi sur tous les avions nouveaux, y compris ceux des compagnies dites régionales. Le **FMS** doit être considéré comme une aide appréciable à la réalisation d'un vol.

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

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

❖ Comment diminuer de 1% la consommation de carburant ?

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

V.3.4.2. Le cost index :

L'installation de l'**FMS** a permis aux compagnies aériennes de bénéficier d'un avantage opérationnel tel que la diminution de la charge de travail de l'équipage, la minimisation des coûts d'exploitation tout en optimisant les performances de l'avion de la gestion du vol ainsi le **FMS** est un moyen de faire des économies, par le contrôle de la vitesse économique et l'altitude optimale, pour cela le **FMS** utilise le **cost index** qui lui donne les informations sur les coûts d'exploitation directe.

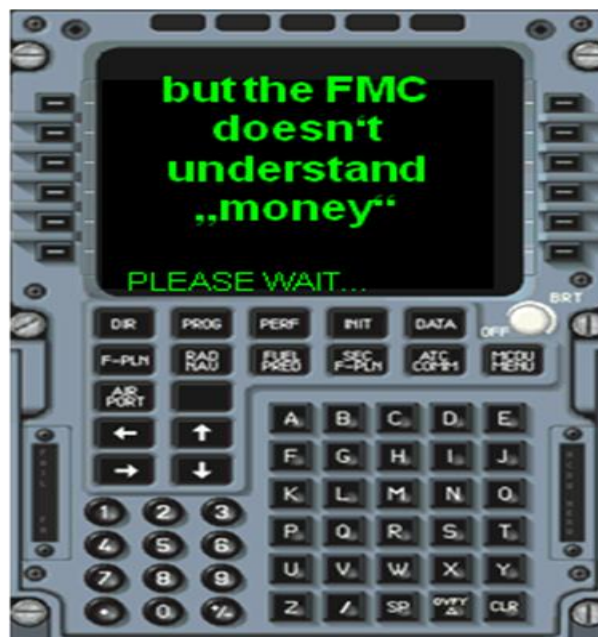


Figure V.10 : FMS

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

$$CI = CH \div CF$$

❖ **Nombre de Mach économique :**

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

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

$$DOC = C_C + C_F \cdot \Delta F + C_T \cdot \Delta T$$

C_C : coûts fixes.

C_F : coûts carburant unitaire.

C_T : coûts relatifs au temps par heure de vol

ΔF : délestage.

ΔT : temps de vol.

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

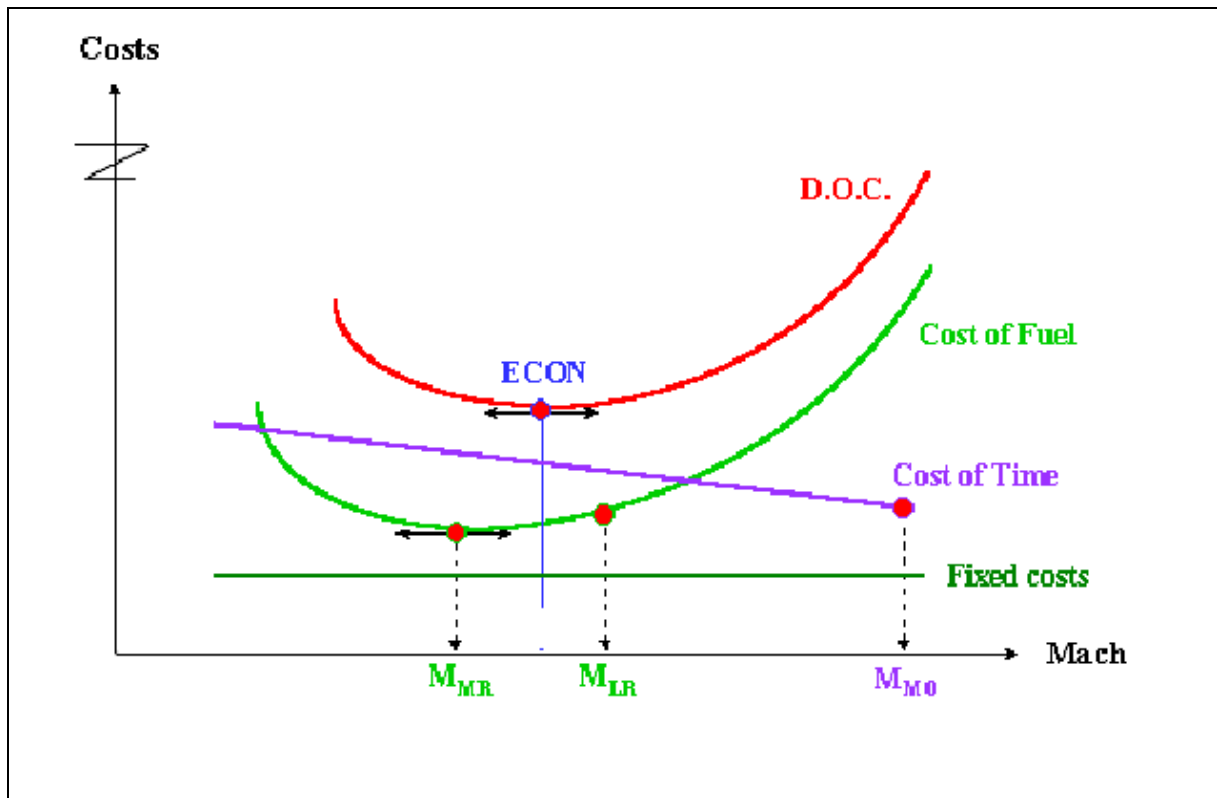


Figure V.11 : Courbe des coûts en fonction du mach

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 (MECO).

FL = constant, masse diminue M_{ECO} diminue

Masse = constant FL augmente M_{ECO} augmente

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

$$\text{Cost Index (CI)} = \frac{\text{Cost of time } C_r}{\text{Cost of fuel } CF}$$

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

V.4. La Descente :

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.

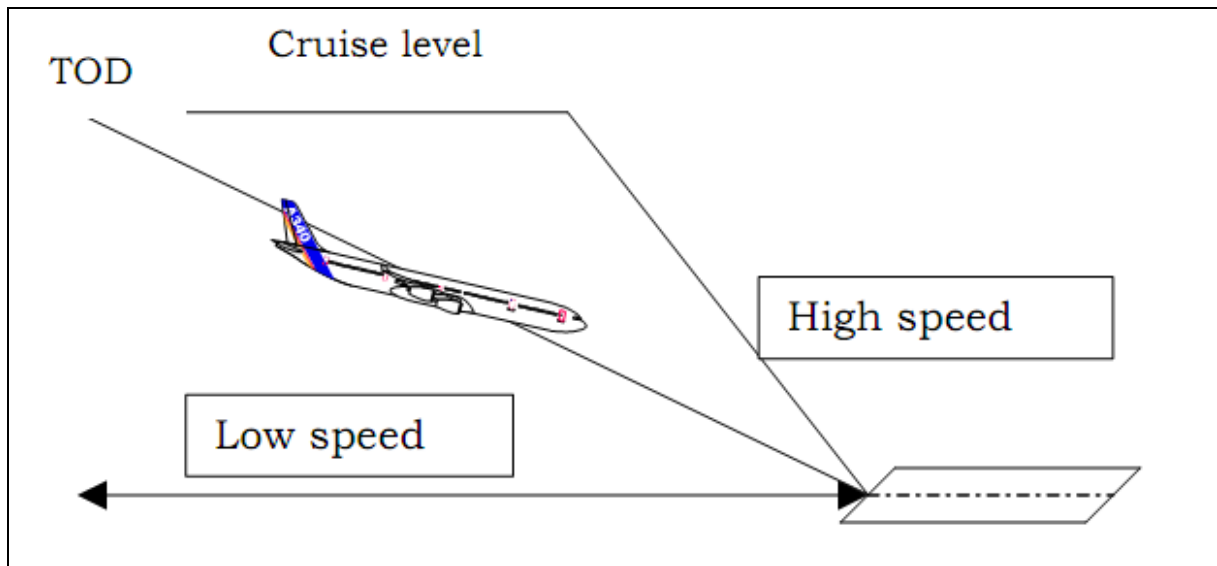


Figure V.12 : Profil de descente

V.4.1. La descente pour l'A330-200 :

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

0.78/280/250

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

V.4.2. Effet de la descente sur la consommation de carburant :

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

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

V.4.3.Modes de descente :

V.4.3.1. Descente contrôlée :

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

V.4.3.2. Descente prématurée :

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

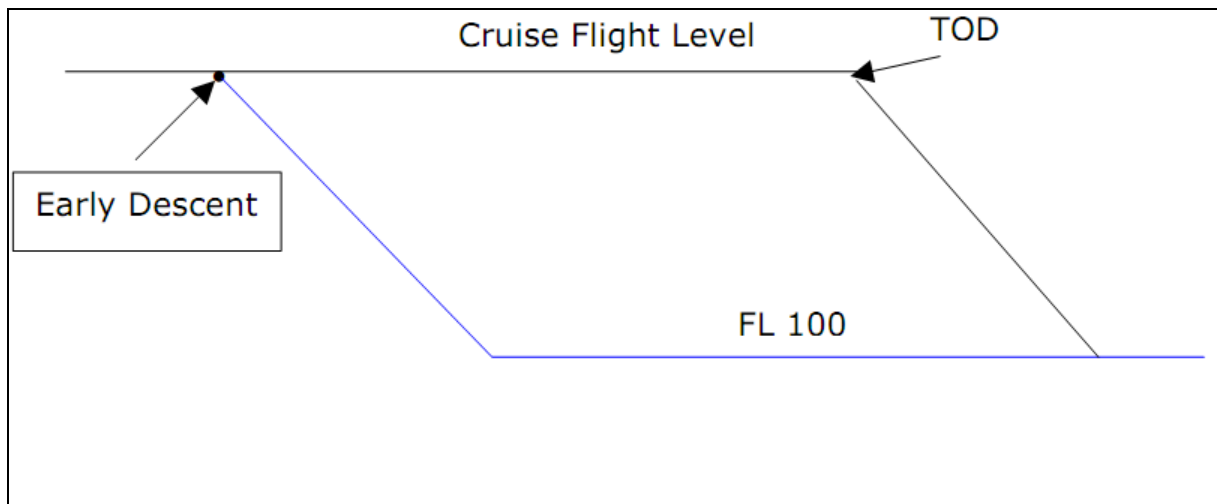


Figure V.13 : Profil de descente prématurée

Deux situations de descente ont été simulées :

La descente a débuté 15 Nm (ou environ 2 minutes) plutôt suivi d'un palier au FL100. La croisière est poursuivie du point de descente prématurée jusqu'au TOD calculé par le FMS, suivi de la descente.

V.5. L'Attente :

Quand l'attente est exigée, elle est généralement effectuée sur «hippodrome», la connaissance du temps maximum de l'attente (maximum endurance) est un facteur déterminant pour n'importe quelle décision de déroutement. En conséquence, il est important, pendant l'attente, d'essayer de réduire au minimum le carburant en réduisant simplement au minimum le fuel flow. Pour tous les avions, la vitesse minimum de consommation carburant est très proche de la vitesse de la finesse maxi appelée vitesse point vert (green dot speed).

A330-200 :

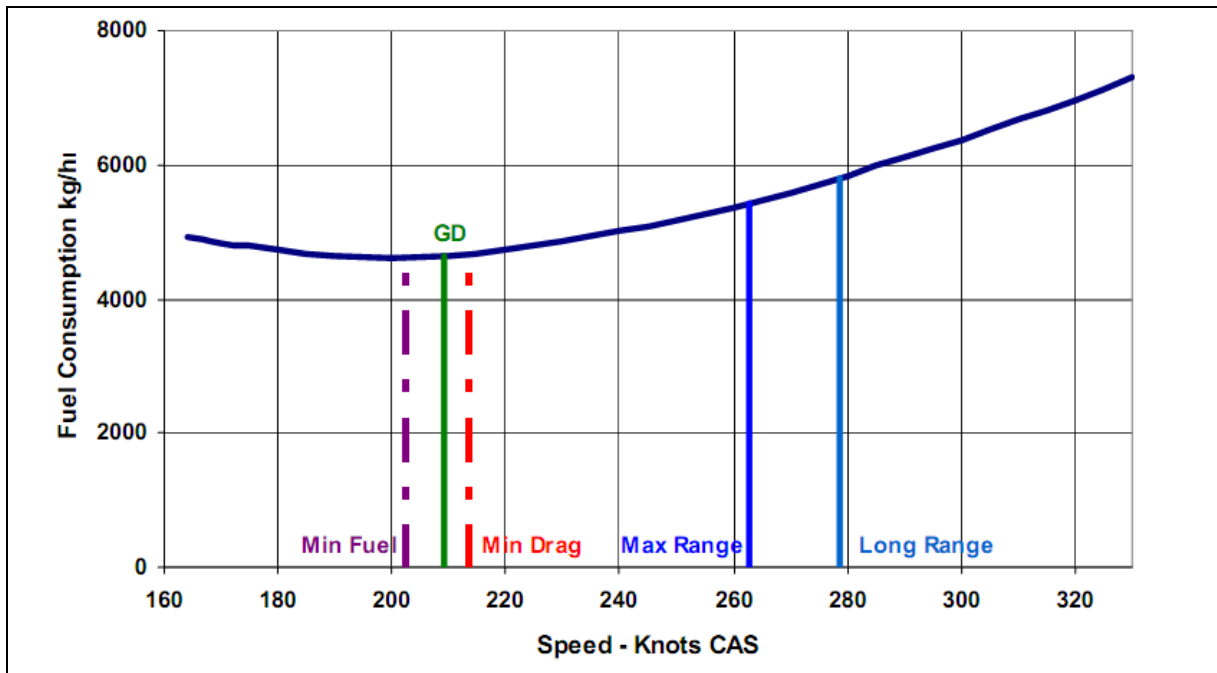


Figure V.14 : La consommation carburant à 1500ft

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

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

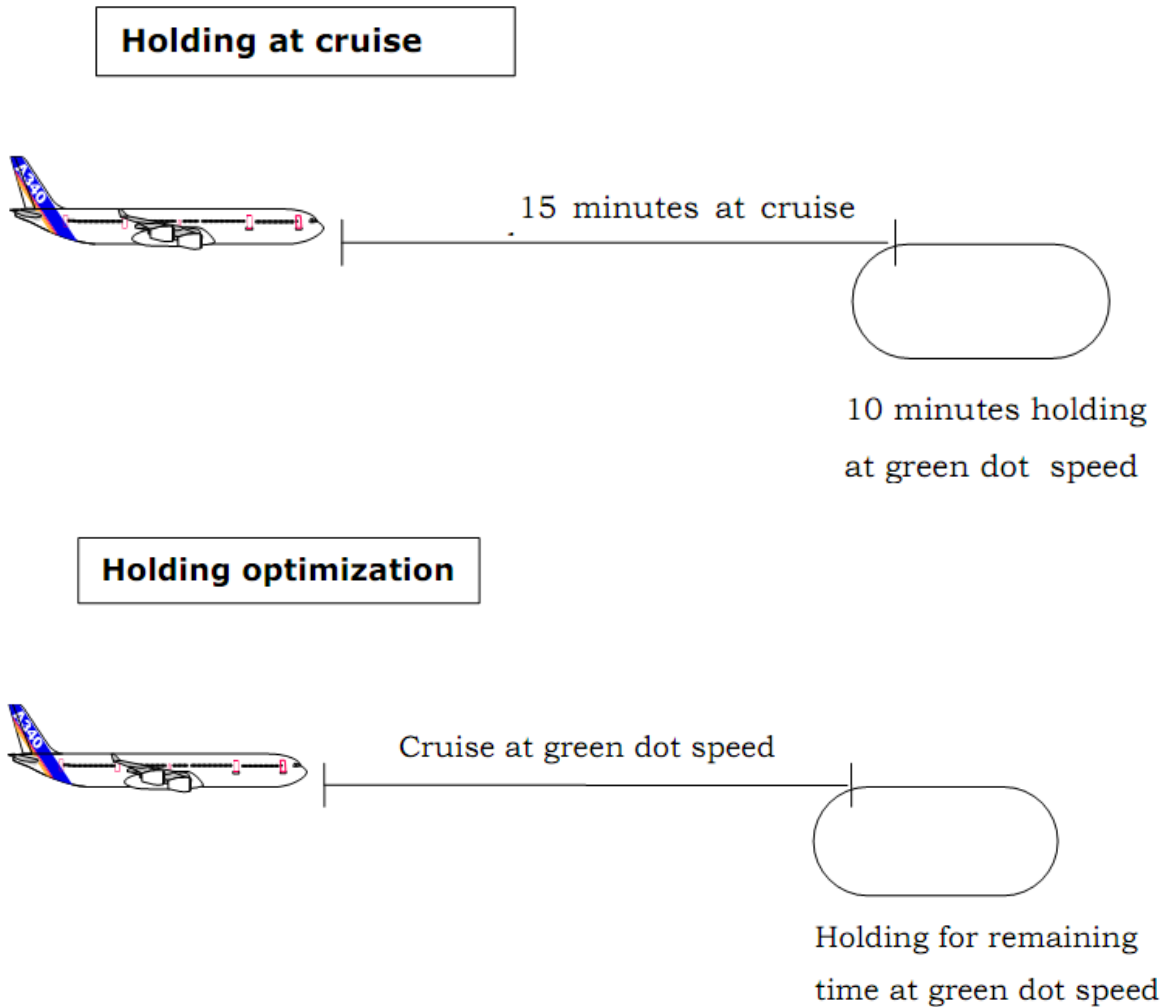


Figure V.15 : L'attente

V.6. L'Approche:

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

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

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

Conclusion

Les économies de carburant sont devenues un des buts permanents de la gestion, et des vérifications ont lieu régulièrement pour s'assurer que les employés ont recours aux meilleures pratiques en la matière. Il y a plusieurs facteurs qui influencent sur le carburant utilisé par l'avion, il se peut que 5 ou 10 kg de carburant supplémentaire par vol ne semble pas significative en termes de consommation de carburant au total durant le vol. Cependant cette épargne s'accumule à chaque vol ; La seule façon d'évaluer l'impact de toute économie est de regarder sur une période donnée. Certaines initiatives n'ont pas atteint leur but, et la recherche d'améliorations se poursuit.

Bibliographie

1 - Les Ouvrages

→ Flight Operations Support & Line Assistance « Fuel economy »

Par : AIRBUS

→ Opérations Aériennes Tome II Méthodes D'exploitation

2 - Les Thèses :

→ Analyse Des Vols Suivi De Consommation Carburant De B737- 200

Par : Aichi Tarik 1998-

1999

→ Economie Carburant Pour Les Avions B737-800 et B737-600

Par : ELKETTAS Sabah

GURCEM Radia

2005-2006

→ Etude D'économie Carburant Et Application De Suivi Et Analyse Des Gains De Fuel

Par : KOUAKA Mohamed

2010-2011