

**REPUBLIQUE ALGERIENNE DEMOCRATIQUE ET POPULAIRE**  
**MINISTERE DE L'ENSEIGNEMENT SUPERIEURE ET DE LA**  
**RECHERCHE SCIENTIFIQUE**  
**UNIVERSITE SAAD DAHLEB DE BLIDA**  
**FACULTE DES SCIENCES DE L'INGENIEUR**



Département D'aéronautique

**MEMOIRE DE FIN D'ETUDES**  
**EN VUE DE L'OBTENTION DU DIPLOME**

**D'INGENIEUR D'ETAT EN AERONAUTIQUE**

**OPTION : *EXPLOITATION ET OPERATION AERIENNES***

**THEME :**

**Etude Opérationnelle**  
**Comparative**  
**Entre le CRJ 900 ET le B737-600**

**Présenté par :**

- MAKHEBI Lokmane  
- ALILI Ghania

**Encadreur :**

\*Mr. DRIOUECHE .M  
\*Mr. ALILIH

**Promotion -2011-**

## ***RESUME***

Notre travail consiste à faire une étude opérationnelle comparative entre le CRJ 900 et le B737-600 et cela en calculant les coûts d'exploitation et le nombre de passagers transportés sur une période de 05 ans et pour un réseau correspondant au rayon d'action des deux aéronefs.

Finalemnt, on conclue par la détermination de l'avion le plus bénéfique pour le réseau choisi.

## ***ABSTRACT***

Our work consists in making operational comparative between the CRJ 900 and B737-600 and that by calculating the costs of exploitation and the number of passengers transferred onto one 05 years period and a network corresponding to the operating range of the two aircraft.

Finally, one concludes by the determination from the most beneficial plane for the selected network.

مهمتنا هي تقديم دراسة مقارنة بين طائرتين وذلك من خلال حساب تكاليف التشغيل وعدد الركاب...



# REMERCIEMENT

*Nous remercions le bon Dieu, le tout puissant de nous avoir accordé le courage, la force et endurance pour pouvoir achever ce travail.*

*Nous adressons notre gratitude à notre promoteur monsieur : DROUICHE pour nous avoir fourni une aide précieuse, nous a dirigés et accompagnés pendant cette longue période de travail.*

*Et notre co-promoteur monsieur : ALILI HICHEM, Ces conseils nous a permis de mener à bien ce travail.*

*Et Bien sûr, de profonds remerciements sont destinés à Nos professeurs qui ont fait de nous ce que nous sommes aujourd'hui.*

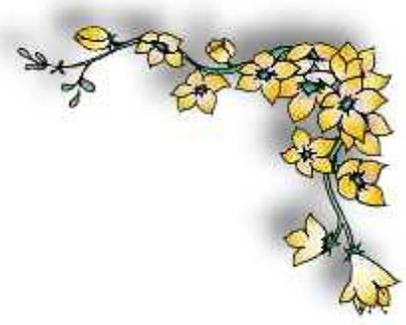
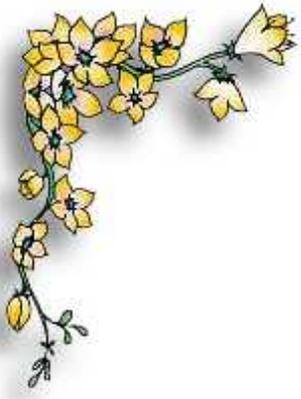
*On tient à témoigner notre gratitude à toute personne ayant contribué de près ou de loin à la réalisation de ce travail.*

*Pour ceux que j'ai oublié qu'ils sachent qu'ils y ont droit eux Aussi.*

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

MERCI





## *Dédicace*

*Je dédie ce modeste travail à mes très chers parents engage de la patience dont ils ont fait preuve tout au long de mon cursus universitaire.*

*A mes très chère mère.et père*

*A mon très cher frère et sœur.*

*A mon binôme et toute sa famille.*

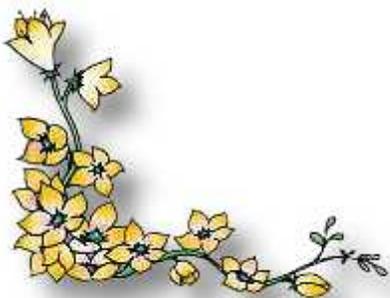
*A tous mes amis (es).*

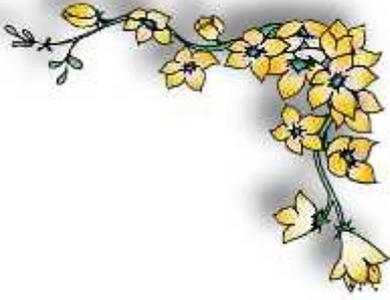
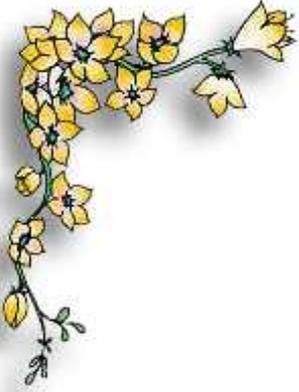
*A mes frères Tchadiens.*

*A toute la promotion 2011 du D.A.B.*

*A tous ceux qui connaissent lokmane.*

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





# Dédicace

*Je dédie ce modeste travail à :*

*Mon cher père et ma très chère mère que j'aime énormément et je  
Leurs présentent tout le remerciement pour leurs conseil et pour  
L'amour qu'ils m'ont donné et pour tout ce qu'ils m'ont transmis*

*\*QUE DIEU ME LES GARDENT A JAMAIS \**

*Mes frères : ABDOU et YUCEF et ma sœur : KHADIDJA.*

*A malaki (AMINE) Et a ma belle sœur : SARAH.*

*Qui mon soutenu, encouragé et aidé tout au long de mon travail.*

*A mes poussins fares et asma.*

*Mes grandes mères, et ma famille entière, mes oncles et mes tantes,  
Mes cousins et cousines pour leur soutient.*

*Et un grand respect a Mr : Alili Hichem.*

*A mon binôme (loki) et toute sa famille.*

*A toute la promotion 2011 du D.A.B.*

*Mes très chers amis :*

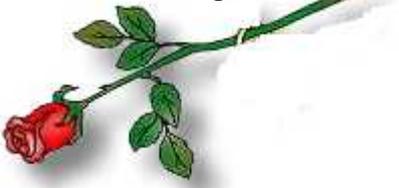
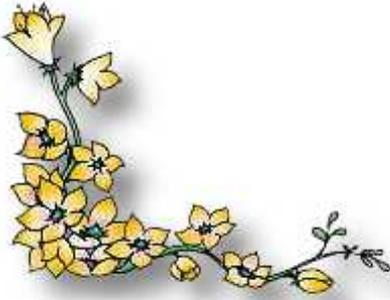
*ABDELOUAHAB, JELO, HAMOUD, ADOULA, FERIEL,*

*NACER, SOUFIANE.*

*Tous ceux et toutes celles qui occupent une place dans mon cœur.*

*A tous ceux qui connaissent **ghanou**.*

*Je dédié le fruit de toutes mes années d'études.*



*ALILI GHANIA*

# SOMMAIRE

## **Introduction**

### **Chapitre I : présentation des aéronefs**

I.1 bombardier aéronautique.....	(04)
I.1.1 présentation du constructeur.....	(04)
I.1.2 présentations de l'aéronef CRJ 900.....	(07)
I.2 Boeing.....	(11)
I.2.1 présentation du constructeur .....	(11)
I.2.2 présentation de l'aéronef B737-600.....	(14)

### **Chapitre II : Etudes des performances**

II.1. limitations.....	(18)
II.1.1.a Objectif général.....	(18)
II.1.1.b Objectifs spécifiques.....	(18)
II.1.2. Les limitations structurales.....	(19)
II.1.2.1 Masse maximale de structure au lâcher des freins : MMSLF ou MSTOW.....	(19)
II.1.2.2 Masse maximale de structure a l'atterrissage : MMSA ou MSLW.....	(20)
II.1.2.3 Masse maximale sans carburant dans la voilure : MMSC ou MZFW.....	(20)

II.1.2.4 Masse maximale de structure à la mise en route (MMSR).....	(22)
II.1.3 limitation freins/pneus.....	(22)
II.1.3.a limitation freins (VMBE).....	(22)
II.1.3.b limitation pneus.....	(23)
II.1.4 limitation des vitesses.....	(23)
II.1.4.1 Vitesse de décision (V1).....	(23)
II.1.4.2 Vitesse effective de panne (VEF).....	(24)
II.1.4.3 Vitesse de rotation (VR).....	(24)
II.1.4.4 Vitesse d'envol VMU et VLOF.....	(25)
II.1.4.5 Vitesses minimales de control au sol VMC.....	(26)
II.1.4.6 Vitesses de décrochage (VS) .....	(26)
II.1.4.7 Vitesses de sécurité au décollage (V2).....	(27)
II.1.5 Limites pouvant intervenir sur les vitesses de décollage.....	(27)
II.1.5.a Les distances associées au décollage.....	(28)
II.1.6 L'enveloppe opérationnelle.....	(30)
II.1.7 Les performances exigées au décollage.....	(28)
II.1.8 Trajectoires réglementaires au décollage.....	(31)
II.1.9 Limitation piste.....	(33)
II.1.9.a Distance de roulement au décollage (DRD).....	(33)
II.1.9.b Distance de décollage (DD) .....	(34)
II.1.9.c Distance d'accélération- arrêt (DAA).....	(35)

II.2 Etudes des performances.....	(37)
II.2.1 La montée.....	(37)
II.2.1.1 Les pentes minimales de montée.....	(37)
II.2.1.1.1 La trajectoire de décollage.....	(37)
II.2.1.1.2 Montée au décollage.....	(38)
II.2.1.1.3 Montée en vol.....	(35)
II.2.1.1.4 montée - masse atterrissage limité.....	(39)
II.2.1.2 montée en exploitation.....	(40)
II.2.1.2.1 Montée à pente maximum.....	(40)
II.2.1.2.2 Montée à vitesse ascensionnelle maximum.....	(40)
II.2.1.2.3 Montée à consommation distance- maximum.....	(40)
II.2.1.2.4 Montée à prix de revient minimale dite « Normale ».....	(41)
II.2.1.2.5 Montée à vitesse élevée dite « Rapide ».....	(41)
II.2.1.2.6 Montée cabine.....	(41)
II.2.2 Croisière.....	(41)
II.2.2.1 les consommations.....	(41)
II.2.2.2 Rayon d'action spécifique « Rs ».....	(43)
II.2.2.3 Régime de marche.....	(45)
II.2.2.3.1 Croisière à maxi-range.....	(45)
II.2.2.3.2 Croisières à Mach long range.....	(46)
II.2.2.3.3 croisière à Mach PRM.....	(48)

II.2.2.3.4 Croisière à Mach constant.....	(49)
II.2.3 L'attente.....	(51)
II.2.3.1 L'incidence d'attente.....	(51)
II.2.4 La descente.....	(52)
II.2.4.1 Descente à pente minimale.....	(52)
II.2.4.2 Descente à consommation minimale dite « Economique »....	(52)
II.2.4.3 Descente à prix de revient minimal dite « Normal ».....	(52)
II.2.4.4 Descente de secours.....	(53)

### **Chapitre III : Etudes de lignes**

<b>Introduction.....</b>	<b>(55)</b>
III.1 Profil de la mission.....	(55)
III.1.1 Quantité de carburant réglementaire à embarquer.....	(56)
III.1.1.1 Délestage de l'étape « d ».....	(56)
III.1.1.2 Réserve de route « RR ».....	(58)
III.1.1.3 Réserve de dégagement « RD ».....	(56)
III.1.1.4 Réserve finale « RF ».....	(56)
III.1.1.5 Roulage « r ».....	(57)
III.2 Charge offerte / Distance.....	(57)
III.2.1 Détermination de la masse maximale au lâcher des freins et de la charge offerte.....	(57)
III.2.2 Calcul de la charge offerte.....	(55)
III.3.3 Etude de la courbe de la charge offerte en fonction de la distance.....	(60)

III.3 Etudes de lignes.....	(60)
III.3.1 introduction.....	(61)
III.3.2 tableau des performances des aéronefs par étapes de vol.....	(63)
III.3.2-a tableau de performance du CRJ 900.....	(63)
III.3.2-b tableau de performance du B737-600.....	(64)
III.3.3 tableau des performances mensuelles des aéronefs par étapes de vol.....	(65)
III.3.3.a tableau de performance du CRJ 900.....	(65)
III.3.3.b tableau de performance de B737-600.....	(66)
III.3.4 tableau des performances des aéronefs par étapes de vol sur 05 ans.....	(67)
III.3.4.a tableau de performance du CRJ 900.....	(67)
III.3.4-b tableau de performance de B737-600.....	(68)
<b>Conclusion .....</b>	<b>(69)</b>

## **Chapitre IV : Les coûts d'exploitation**

<b>Introduction .....</b>	<b>(71)</b>
IV.1 Le Coût direct .....	(71)
IV.1.1 Coût PN.....	(71)
IV.1.2 Coût Carburant.....	(72)
IV.1.3 Coût direct.....	(74)

IV.1.3.1	Coût direct de chaque aéronef .....	(74)
IV.2	le coût indirect.....	(77)
IV.2.1	Prix de référence des avions (prix d'achat).....	(77)
IV.2.2	coût de maintenance .....	(77)
IV.2.2.1	Définitions.....	(77)
IV.2.2.2	coût de maintenance du CRJ 900 sur 05 ans .....	(77)
IV.2.2.3	coût de maintenance B737-600 sur 05 ans .....	(77)
IV.2.3	les redevances d'aérodrome et service de la navigation Aérienne.....	(78)
IV.2.3.1	définition.....	(79)
IV.3.a	tableau de performance du CRJ 900 journalier.....	(80)
IV.3.b	tableau de performance de B737-600 journalier.....	(80)
IV.3.1	tableau de performance du CRJ 900 sur la période de 05 ans...(81)	
IV.3.2	tableau de performance de B737-600 sur la période de 05 ans..(81)	
IV.3.3	tableau de performance du CRJ 900.....	(83)
IV.3.4	tableau de performance de B737-600 .....	(83)
IV.3.5	tableau de performance du CRJ 900.....	(84)
IV.3.6	tableau de performance de B737-600.....	(85)
IV.4	résumé total redevance.....	(87)

IV.5 les assurances.....	(89)
IV.5.1 Assurance risque ordinaire (A1).....	(89)
IV.5.2 Assurance risque de guerre et assimilés (A2) .....	(90)
IV.5.3 Assurance des aéronefs.....	(90)
IV.6 les coûts divers.....	(91)
IV.6.1 le coût d'exploitation.....	(91)
IV.7 le coefficient d'exploitation.....	(92)

## **Conclusion**

## LISTES DES FIGURES

### Chapitre I : présentation des aéronefs

Fig. I.1: Dimensions extérieures du CRJ 900.....	(07)
Fig. I.1: Dimensions extérieures du CRJ 900.....	(07)
Fig. I.2 : Vue de profil du B737-600.....	(14)
Fig. I.3 Vue de face du B737-600.....	(14)

### Chapitre II : Etude des performances

Fig. II.1: Masse maximale de structure au lâcher des freins.....	(19)
Fig. II.2: Masse maximale de structure a l'atterrissage.....	(20)
Fig. II.3: Masse maximale sans carburant dans la voilure.....	(21)
Fig. II.4: Limites pouvant intervenir sur les vitesses de décollage.....	(28)
Fig. II.5 : L'enveloppe opérationnelle du CRJ 900.....	(30)
Fig. II.6 : Trajectoire de décollage = Décollage + Envol.....	(32)
Fig. II.7 : distance de roulement au décollage avec N-1 moteur.....	(33)
Fig. II.8 : distance de roulement au décollage avec N moteur.....	(33)
Fig. II.9 : distance de décollage avec N-1 moteur.....	(34)
Fig. II.10 : distance de décollage avec N moteur.....	(34)

Fig. II.11 : distance d'accélération arrêt avec N-1 moteur.....(35)

Fig. II-12 : distance d'accélération arrêt avec N moteur..... (36)

Fig. II.13 : courbe représentatif de  $R_s = f(MMR)$ ..... (45)

Fig. II.14 : courbe représentatif de  $R_s = f(MLR)$ .....(47)

Fig. II.15 : courbe représentatif de  $R_s = f(MPRM)$ ..... (48)

Fig. II.16 : Courbe  $T = F(EV)$  à m fixé..... (51)

**Chapitre III : Etude de lignes**

Fig. III .1 : carburant bloc..... (55)

Fig. III.2: La courbe de la charge offerte en fonction de la distance... (60)

**Chapitre IV : Les coûts d'exploitations**

# INTRODUCTION

Pour exploiter un aéronef dans l'intérêt commercial, plusieurs défis doivent être relevés et dont il faudra tenir compte; établir une politique d'exploitation et la suivre tout en se soumettant aux exigences et aux normes sécuritaires, afin d'assurer une meilleure rentabilité de la compagnie aérienne, est la première préoccupation de celle-ci.

En effet, l'augmentation du trafic passagers aux fins des années résulte essentiellement d'un saut technologique majeur ayant permis une réduction des coûts d'exploitations et des durées de vol, et cela en proposant au marché aéronautique une diversité d'aéronefs correspondant à tous les types d'exploitation (court, moyen et long courrier).

Ce projet a été proposé dans le but d'étudier les performances et le comportement de deux appareils; le CRJ 900 et le B737-600 sur un réseau de court et moyen courrier sur deux aspects; l'aspect opérationnel et l'aspect économique, et de déterminer lequel des ces deux aéronefs est le plus rentable pour le réseau choisi.

Notre travail se résume sur les points suivants :

- ➡ Une description des deux appareils (présentation des constructeurs, et descriptions des deux avions).
- ➡ Une étude des performances des deux appareils.
- ➡ Une étude de lignes du réseau choisi.
- ➡ Finalement, une étude des coûts d'exploitation de chaque aéronef sur le réseau choisi.

# *Chapitre I*

## I.1 bombardier aéronautique :

### I.1.1 présentation du constructeur :

Bombardier est une entreprise canadienne, spécialisée dans la construction de matériels de transports. Elle est présente dans :

- la construction aéronautique (Bombardier Aviation) (avions régionaux, avions d'affaires, bombardiers d'eau (Canadair)...).
- la construction ferroviaire (leader mondial).
- les services financiers (Bombardier capital).

### Historique :

La société fut originellement créée, sous le nom de « L'Auto-Neige Bombardier Limitée » en 1942 par **Joseph-Armand Bombardier**, pour fabriquer des véhicules à chenilles capables de circuler dans la neige. L'autoneige B12 de 1941 fut produite en diverses versions jusqu'en 1982.

En 1972, **Bombardier** se diversifie dans les activités financières avec la création des filiales **Crédit Bombardier Ltée**, au Canada, et **Bombardier Credit Inc.**, aux États-Unis. Cette diversification a pour but de promouvoir la vente de ses produits.

**Bombardier** se diversifie dans le secteur ferroviaire en 1974 en remportant un contrat de fourniture de voitures au métro de Montréal.

Il acquiert par la suite plusieurs sociétés de construction ferroviaire, notamment : BN en Belgique en 1988 qui lui ouvre le marché européen, **ANF-Industrie** en France en 1989, **Constructora National de Carros de Ferrocarril** au Mexique et UTDC au Canada en 1992, et en Allemagne **Waggonfabrik Talbot GmbH** en 1995 et **Deutsche Waggonbau AG** en 1998.

En 1998, **Bombardier** s'implante en Chine par le biais d'une co-entreprise **Sifang Locomotive & Rolling Stock Works** de Qingdao pour la fabrication de voitures à voyageurs pour le marché chinois.

 **Bombardier** est entré dans le secteur aéronautique en rachetant la société Canadair le 23 décembre 1986.

Trois ans plus tard, soit en mars 1989, **Bombardier** donne le feu vert à un programme qui marque un virage marquant dans son histoire : le programme du Régional Jet portant sur la mise au point d'un avion de ligne à réaction de 50 places conçu pour le transport régional : ce sont les Bombardier CRJ. L'appareil reçut l'homologation de type canadienne le 31 juillet 1992.

En 1989, **Bombardier** acquiert la société **Short Brother PLC** en Irlande du Nord à Belfast, puis, en juin 1990, prend possession de Learjet Corporation constructeur des célèbres avions **Learjet** (américains). En 1992, c'est l'achat de la société canadienne De Havilland Inc. située à Downsview, dans l'Ontario.

### **Organisation :**

- ❖ Le groupe est organisé en trois pôles :
  - Bombardier transport.
  - Bombardier aéronautique (Bombardier Aerospace).
  - Bombardier capital.

### **Historique de la série CRJ :**

Depuis son entrée en service en 1992, le Bombardier CRJ a révolutionné l'industrie du transport aérien commercial et changé la façon de voyager des gens. Aujourd'hui, plus de 1 300 Bombardier CRJ volent pour de petits et grands exploitants du monde entier et la gamme d'avions de la série CRJ est devenue le programme d'avions régionaux le plus fructueux que le monde ait jamais connu.

Le Bombardier CRJ donne aux sociétés aériennes la capacité d'offrir des services à ses passagers là où il était impossible de le faire avec des avions de ligne à fuselage étroit des grands réseaux ou des avions régionaux turbopropulsés classiques. Ces nouveaux services peuvent se résumer de la façon suivante :

### ◆ **Accroissement de la portée des plaques tournantes :**

La vitesse et la distance franchissable des CRJ permettent aux sociétés aériennes d'étendre le rayon de leur « zone d'apport » classique à partir de leurs plaques tournantes, amenant un plus grand nombre de passagers à leur réseau.

### ◆ **Contournement des plaques tournantes et vols directs :**

La plus petite capacité des CRJ comparativement aux avions à fuselage étroit de lignes principales (737, A320, etc.), permet d'utiliser des aéroports secondaires pour voler vers des destinations clés, en évitant les plaques tournantes classiques.

Le premier CRJ – un CRJ100 de 50 places – est entré en service auprès de Lufthansa City Line en novembre 1992. Le CRJ100 a été remplacé par le CRJ200, qui utilise la même cellule, mais qui est doté de moteurs plus modernes. Une version de cet avion, le CRJ440, limitée à 44 places, a été certifiée en octobre 2001 et est entré en service pour Northwest en janvier 2002.

En collaboration avec ses clients, Bombardier a développé plusieurs nouveaux membres de la famille CRJ :

Les CRJ700, CRJ705 et CRJ900, dont toute la structure et tous les systèmes ont été totalement repensés. De plus, une aile entièrement nouvelle a été mise au point et accroît la vitesse de croisière tout en procurant d'excellentes performances sur piste. Ces avions proposent une cabine entièrement réaménagée avec plus d'espace pour le passager, grâce à un plancher abaissé de 1 po (2,54 cm) et à des fuselages redessinés par rapport au CRJ200 initial, assurant un meilleur dégagement au-dessus de la tête et une plus grande largeur de cabine. Fauteuils et coffres de rangement supérieurs ont été complètement reconçus afin de procurer plus d'espace pour les passagers et les bagages.

Le Bombardier CRJ700 de 70 places a effectué son vol inaugural en mai 1999 et a été livré à son premier client, Brit Air/Air France, en janvier 2001. En janvier 2003, le plus grand membre de la prospère famille des CRJ – le Bombardier CRJ900 – a été livré à Mesa Airlines des États-Unis. L'avènement du CRJ705 a été annoncé en mars 2005. Les CRJ705 et CRJ900 de série sont maintenant offerts avec un « ensemble d'amélioration des performances » comportant des modifications structurales, aérodynamiques et de systèmes qui en assurent le rendement amélioré sur piste et une plus faible consommation de carburant.

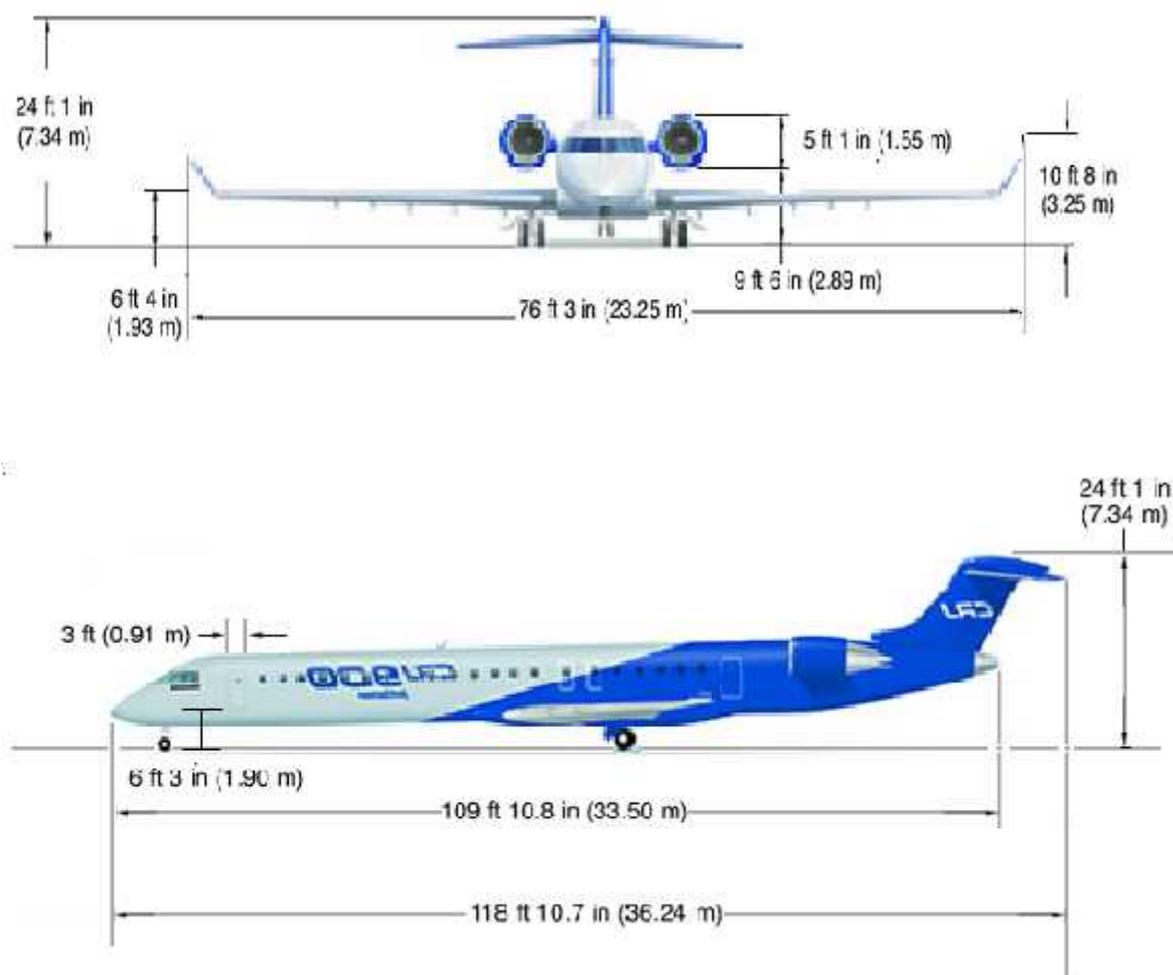
Les appareils CRJ700, CRJ705 et CRJ900 partagent le même modèle de moteur, est entré en service avec des années d'avance sur la concurrence. Le CRJ900 présente les meilleures caractéristiques économiques parmi les avions de sa catégorie. Ses coûts par siège-mille offerts sont comparables à ceux des avions à fuselage étroit de dernière génération pour le transport à bas prix.

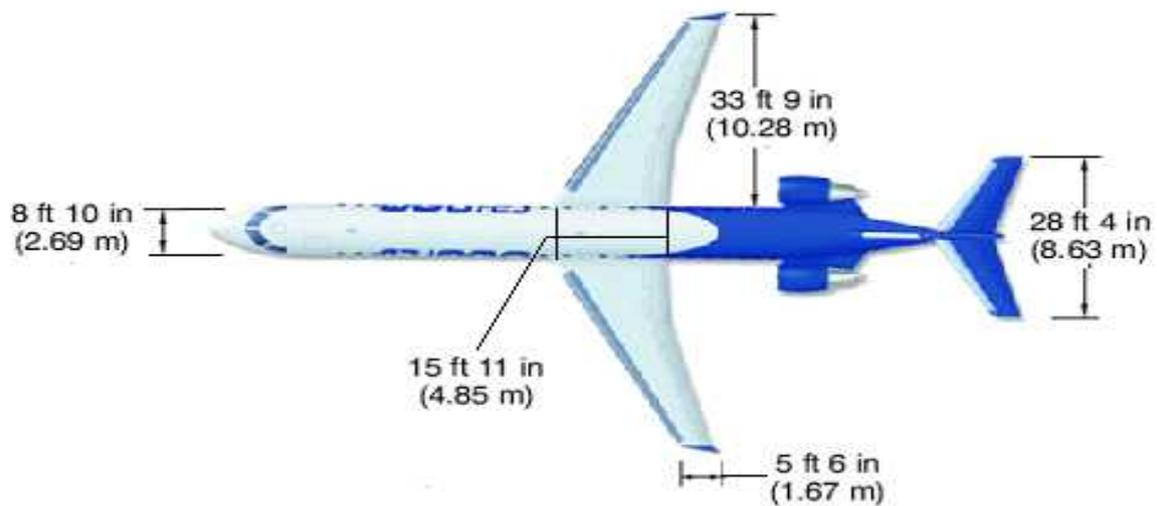
Le CRJ900 bénéficie d'un haut degré de communié avec les autres CRJ. La conversion d'un pilote de CRJ700/705 ne devient ainsi qu'une formalité administrative. La combinaison d'une ailette de bout d'aile entièrement nouvelle et de récentes règles de commande par bords de bord d'attaque et volets lui assure d'excellentes performances sur piste et une faible consommation de carburant en vol.

Qu'ils exploitent un ou plusieurs modèles de cette gamme, les exploitants des avions de la série CRJ continuent de tirer profit de savoir qu'ils utilisent le biréacteur régional le plus populaire du monde.

### I.1.2 présentations de l'aéronef CRJ 900 :

#### Dimension :





**Fig. I.1: Dimensions extérieures du CRJ 900**

### Fiche technique du CRJ900 :

<b>Généralités</b>	
Personnel navigant technique	2
Personnel navigant commercial	2+1
Passagers	Jusqu'à 90

<b>Réacteur</b>	
Nombre	Deux turboréacteurs à double flux Générale Electric CF34-8C5
Poussée	58,4 KN au décollage

<b>Dimensions</b>	
Longueur	36,40 m
Envergure	23,24 m
Surface	68,63 m <sup>2</sup>
Hauteur	7,51 m
Diamètre maximal du fuselage	2,69 m
Largeur de la cabine (au niveau du plancher)	2,13 m
Longueur de la cabine	21,16 m
Volume de la cabine	45,12 m <sup>2</sup>

<b>Masse</b>	
Masse maximale sur l'aire de trafic (CRJ900)	36 514 kg
Masse à vide en ordre d'exploitation	21 432 kg
Quantité maximale de carburant	8 823 kg

<b>Performances</b>			
<b>Distances franchissables :</b>			
Distance franchissable en régime de croisière optimal (LRC) (220 lb/passager)	NM	SM	KM
CRJ900 (86 passagers)	1 596	1 837	2 956
<b>Vitesses :</b>			
	Mach	Nœuds	km/h
Vitesse de croisière élevée	0.83	475	881
Vitesse de croisière normale	0.80	458	850

<b>Performances sur piste</b>	
<b>CRJ900</b>	
Longueur de piste au décollage FAR (SL, ISA) à MTOW	1 778 m
Longueur de piste à l'atterrissage FAR 121 (SL) à MLW	1 596 m
<b>Altitude</b>	
Plafond pratique	12 496 m

## I.2 Boeing:

### I.2.1 présentation du constructeur :

**Boeing** (nom officiel en anglais *The Boeing Company*) est l'un des plus grands constructeurs aéronautiques et de l'aérospatiale au monde.

Son siège est situé à **Chicago**, dans l'**Illinois**. Sa plus grande usine est située près de **Seattle**, dans l'État de **Washington**. La firme fabrique des avions civils et militaires, des hélicoptères ainsi que des satellites.

### Historique :

La compagnie est formée le 15 juillet 1916 par **William E. Boeing** et **George Conrad Westervelt**. Elle est alors nommée « **B&W** » d'après les initiales de ses deux fondateurs. Peu après, son nom changea en « **Pacific Aero Products** », et une année plus tard, elle est rebaptisée « **Boeing Airplane Company** ».

En 1917, avec l'entrée en guerre des États-Unis, la *Navy* commanda 50 hydravions d'entraînement Model C, la première commande de Boeing.

En 1923 Boeing fabriqua un avion de transport postal le Model **40A** et en 1927 elle remporta un contrat pour assurer la liaison aéro postale **San Francisco-Chicago**. Elle créa alors « **Boeing Air Transport** » pour s'occuper de ses activités de transports aériens.

Pendant la première année, près de 2 000 passagers furent transportés et on entreprit alors de créer des avions spécialement étudiés pour le transport des passagers, c'est ainsi que le Model **80** fut lancé. Dans les années qui suivirent, Boeing se mit à acquérir de nombreuses entreprises de fabrication d'avions, de moteurs, des compagnies aériennes et en 1929, Boeing changea son nom en « **United Aircraft and Transportation Corporation** ».

En 1934, Boeing est devenu une grande entreprise fabriquant des avions, des moteurs, transportant le courrier postal, s'occupant des aéroports et assurant de nombreuses lignes aériennes. Mais, sous la pression d'une loi anti-trust interdisant aux constructeurs d'exploiter des lignes aériennes, ses créateurs vendent leurs participations et « **United Aircraft and Transportation** » est séparée en trois entités :

- United Airlines responsable du transport aérien.
- United Aircraft responsable de la fabrication dans l'Est du pays.
- Boeing Airplane Company responsable de la fabrication dans l'Ouest du pays.

En 1999, l'avionneur Boeing a vendu 620 appareils ; en 2004, les livraisons ont baissé pour atteindre 285 avions. En 2005 dans un marché record, la firme annonce 1005 commandes (dont 569 B737, 235 B787 et 154 B777).

Fin 2005 :

Le carnet de commande comprend 1809 avions livrables pour les 7 prochaines années :

✓ Livraisons 2005 : 290 avions - 320 prévus non livrés à cause d'une grève d'un mois qui a bloqué les principales usines américaines de production et d'assemblage en décembre. Ces trente avions ont été repoussés sur 2006 et 2007 en plus des livraisons déjà estimées.

- ✓ Livraisons prévues 2006 : 395 avions
- ✓ Livraisons prévues 2007 : 445 avions

Le nouveau B 787 est un succès commercial, il revendique fin 2005, 291 commandes fermes et 88 intentions d'achats de 27 compagnies. Sa production doit débuter mi-2007 pour une entrée en service prévue courant 2008. Si son succès se confirme, certains analystes prévoient des ruptures d'approvisionnement de certains fournisseurs et des problèmes de cadences dans la production, comme Boeing en a déjà connus en 1997. Boeing est redevenu le premier avionneur mondial en 2006 avec 1 044 commandes contre 824 pour Airbus.

### **La famille Boeing 737 :**

Le **Boeing 737** est un avion de ligne construit par la société Boeing (USA) depuis 1965. Le B 737 est un avion court ou moyen courrier. Il s'agit d'un bi-réacteur (deux moteurs, un sous chaque aile). Il effectua son premier vol le 9 avril 1967.

C'est, en 2004, l'avion le plus vendu au monde, avec un total de plus de 1 200 Boeing 737 de troisième génération vendus dans le monde entier, et plus de 4 300 au total.

### ***Variantes :***

Il existe 9 modèles du 737 répartis en trois générations :

- ✚ Les modèles originaux sont les 737-100 et 200.
- ✚ Les classiques sont le 737-300, le 737-400 et le 737-500.
- ✚ la Nouvelle Génération comporte le 737-600, le 737-700, le 737-800 et le 737-900.

**B737-100 :**

Première génération, motorisée par des réacteurs **Pratt & Whitney JT8D** (1 144 ont été produits). L'avion partage 60% de sa cellule avec le Boeing 727, y compris les moteurs de même type (3 sur le B 727); tout ceci dans le but de limiter les coûts de recherche et de production. Il a été lancé par la compagnie **Lufthansa** en 1964 et entra en service en 1968. Un total de 30 appareils a été construit et livré.

**B737-200 :**

Cette version est une extension du 737-100 ciblant le marché des USA. **United Airlines** en est le premier acquéreur. Il est lancé en 1965 et entre en service en 1968. Il est ensuite mis à jour en tant que **737-200 Advanced** qui devient la version standard de production.

**B737-300, 400 et 500 :**

Deuxième génération « classique » (conception début des années 1980) équipée de réacteurs **CFM56-3** plus modernes et plus économiques (1990 exemplaires ont été produits).

**B737-600, 700, 800 et 900 :**

Nouvelle génération (**737NG**) équipée de réacteurs **CFM56-7B** et d'un cockpit ultra-moderne entièrement numérique. Déjà plus de 1200 appareils de cette génération ont été produits.

Boeing prévoit de lancer, à la fin 2007, une nouvelle famille de moyen-courrier pour remplacer les 737-600/700/800/900 qui reprendra des technologies développées pour le 777-200LR et pour le 787.

## I.2.2 présentation de l'aéronef B737-600 :

### Dimensions :

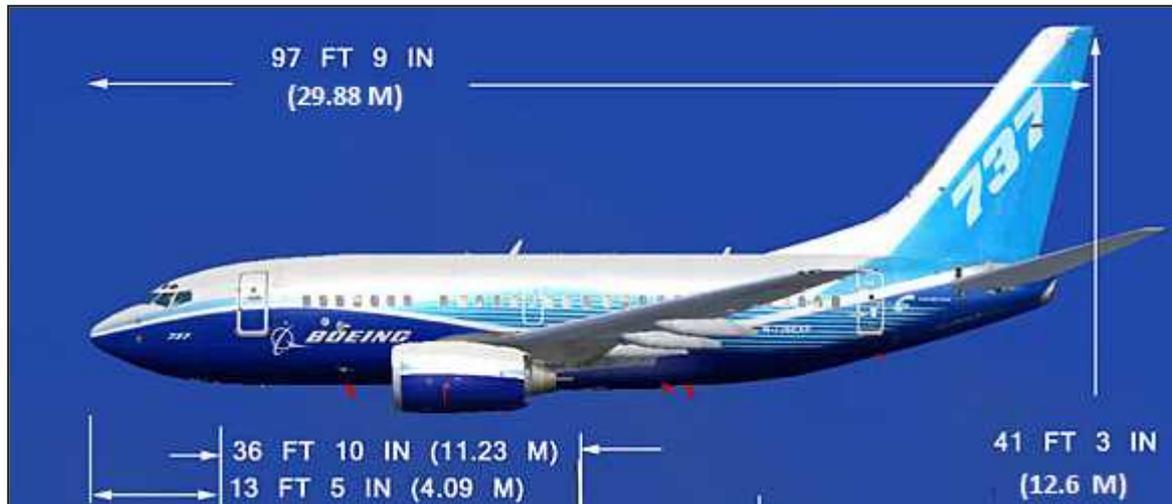


Fig. I.2 : Vue de profil du B737-600



Fig. I.3 Vue de face du B737-600

**Fiche technique de B737-600 :**

<b>Généralités</b>	
Personnel navigant technique	3
Personnel navigant commercial	4
passagers	Jusqu'à 101

<b>Réacteur</b>	
nombre	Deux turbofane Générale Electric-SNECMA CF56-7B
Poussée	2*58,4 KN au décollage

<b>Dimensions</b>	
Longueur avion (m)	31.20
Longueur fuselage (m)	29.88
Hauteur de l'avion (m)	12.6
Largeur (m)	3.76
Surface alaire (m <sup>2</sup> )	149
Largeur de cabine (m)	3.53
Voilure (m)	34.32

<b>Masses</b>	
Série	B737-600
Réacteurs	7B22
<b>Weight</b>	
Taxi weight	65317
MTOW	65090 kg
MLW	54657
MZFW	51482

<b>Performances</b>	
<b>Landings :</b>	
Chargement de l'aile (kg/m <sup>2</sup> )	522.39
<b>Speeds (KT/Mach) :</b>	
Vmo/Mmo	340/0.82
<b>Long range Cruise :</b>	
IAS/Mach	230/0.785
TAS (kT)	450
Ceiling (ft)	41 000
L.R.fuel flow (kg/h)	1 932
Range with max payload (nm)	3 153

# *Chapitre II*

## II.1. Limitations :

### II.1.1.a Objectif général:

A la fin de ce chapitre, vous saurez calculer les différentes limitations d'utilisation d'un avion de ligne équipé de turboréacteurs et vous pourrez en déduire la limitation massique utile au décollage d'un vol donné.

### II.1.1.b Objectifs spécifiques:

Pour atteindre l'objectif général nous allons traiter les points suivants :

-  Les limitations structurales de l'avion
-  Les limitations des performances des turboréacteurs
-  Les limitations au décollage
-  Les limitations en croisière
-  Les limitations à l'atterrissage

### Pré requis :

Avant de commencer notre étude il convient de passer en revue un certain nombre de concepts.

Un avion tire sa sustentation de l'action de l'air sur l'aile qui donc constitue avec les réacteurs l'élément fondamental de l'appareil.

La résistance mécanique de l'aile n'est pas illimitée, il convient donc d'une part de définir les charges maximales (efforts) que celle-ci pourra subir sans déformation ni cassure. D'autre part les réacteurs qui constituent l'élément propulsif de l'avion développent une poussée elle aussi limitée par les paramètres atmosphériques. Les performances de l'ensemble sont donc essentiellement variables.

La sécurité des vols impose une limite maximale aux charges subies par la structure de l'avion afin de ménager une certaine marge de sécurité par rapport aux charges de déformation permanente et de rupture.

En ce qui concerne les réacteurs les limitations d'utilisation sont inférieures aux possibilités réelles de ceux-ci. Toutes ces restrictions apparaissent dans le manuel de vol à la rubrique « Limitations »

## II.1.2 Les limitations structurales :

### II.1.2.1 Masse maximale de structure au lâcher des freins : MMSLF ou MSTOW

C'est la masse maximale calculée par le constructeur pour tenir compte de la résistance de la structure et des trains d'atterrissage qui à cette masse doivent pouvoir subir le choc correspondant à un atterrissage avec une vitesse verticale de  $-360 \text{ ft/mn}$ .

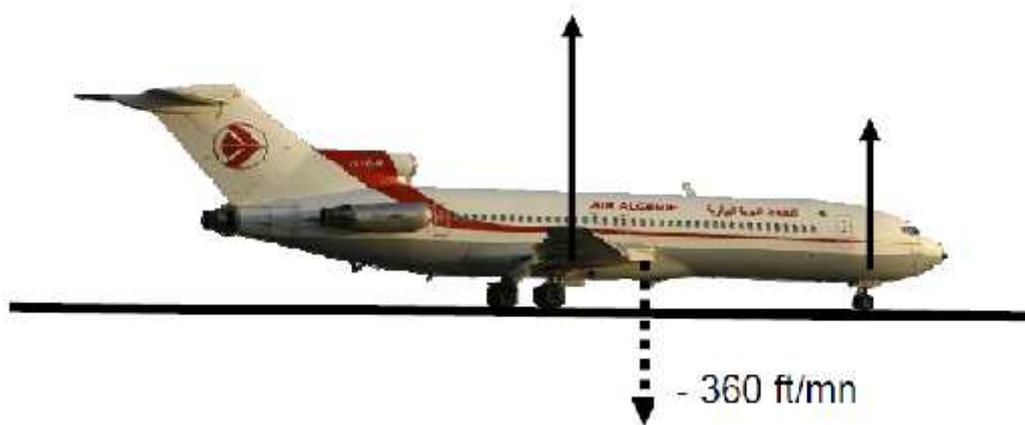


Fig. II.1

### II.1.2.2 Masse maximale de structure a l'atterrissage : MMSA ou MSLW

C'est la masse maximale calculée par le constructeur pour tenir compte de la résistance de la structure et des trains d'atterrissage qui à cette masse doivent pouvoir subir le choc correspondant à un atterrissage avec une vitesse verticale de - 600 ft/mn.



Fig. II.2

### II.1.2.3 Masse maximale sans carburant dans la voilure : MMSC ou MZFW

Le carburant dans un avion de ligne étant stocké en partie dans la voilure son poids tend à faire plier l'aile vers le bas au niveau de sa fixation à l'avion (emplature). Parallèlement la sustentation de l'avion qui s'applique sur l'aile tend à faire plier celle-ci vers le haut toujours au niveau de l'emplature. On voit donc que les deux effets sont antagonistes et que la diminution de la quantité de carburant au cours du vol et singulièrement dans la phase terminale de celui-ci va entraîner un effort vers le haut d'autant plus important qu'il y a moins de carburant dans la voilure. Là encore la résistance de la structure de l'avion limite la charge maximale admissible dans le cas où il n'y aurait plus de carburant dans la voilure. C'est le rôle du MMSC ou MZFW.

Dans les avions de ligne une certaine quantité de carburant est embarquée dans le fuselage cette quantité intervient donc en diminution du MMSC / MZFW puisqu'elle se comporte comme une charge transportée. Aussi les méthodes d'utilisation carburant prévoient-elles de diminuer la quantité de carburant transporté dans le fuselage.

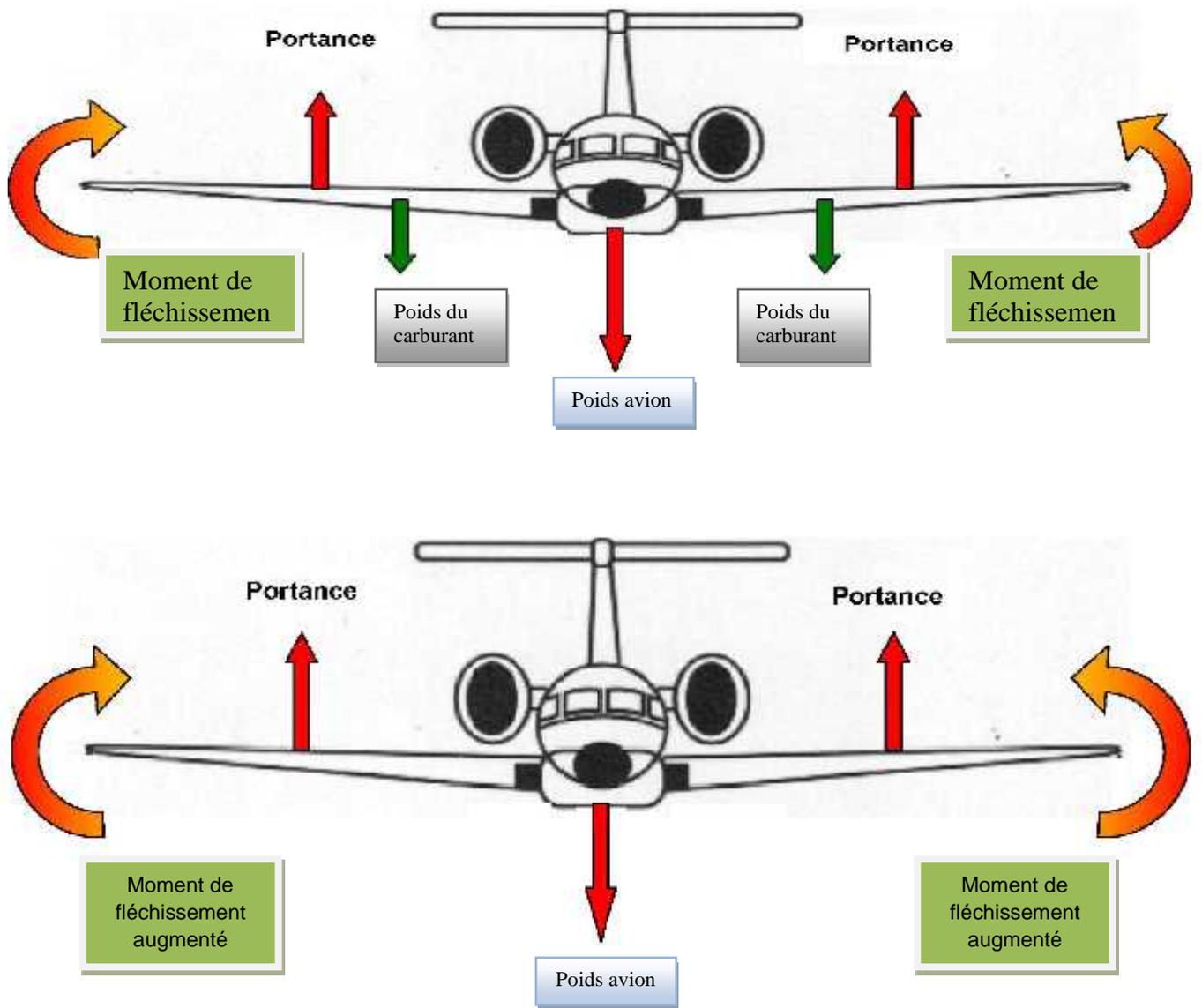


Fig. II.3

### II.1.2.4 Masse maximale de structure à la mise en route (MMSR) :

C'est la masse max imposée notamment par les efforts sur les amortisseurs et en flexion sur le train lors des virages au roulage.

Soit « r » la quantité de carburant nécessaire à la mise en route et au roulage depuis le parking jusqu'au lâcher des freins :

**Masse réelle au lâcher des freins MMSR-R**

#### Exemples :

avion	MMSR
<b>B737-600</b>	<b>65 771kg</b>
<b>CRJ 900</b>	<b>36 514 kg</b>

#### Remarque :

Dans la pratique, cette limitation n'est jamais pénalisante.

### II.1.3 limitation freins/pneus :

#### II.1.3.a limitation freins (VMBE):

L'énergie cinétique accumulée lors de la manœuvre de décollage est transformée en énergie calorifique sur le système de freinage.

En cas de nécessité d'arrêt au décollage, les freins, ayant une certaine capacité d'absorption. Il faudra donc limiter la vitesse à la quelle sera entreprise une manœuvre d'arrêt (V1 frein).

V1 frein est fonction de la distance décollage utilisable à la masse de décollage, et de la température.

**V1      V<sub>MBE</sub>**

### II.1.3.b limitation pneus :

Les pneus sont garantis jusqu'à une certaine vitesse de roulement ; l'avion devra quitter le sol avant cette limite :

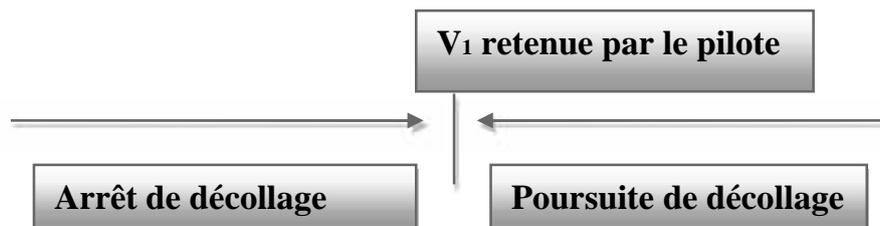


### II.1.4 limitation des vitesses :

#### II.1.4.1 Vitesse de décision ( $V_1$ ) :

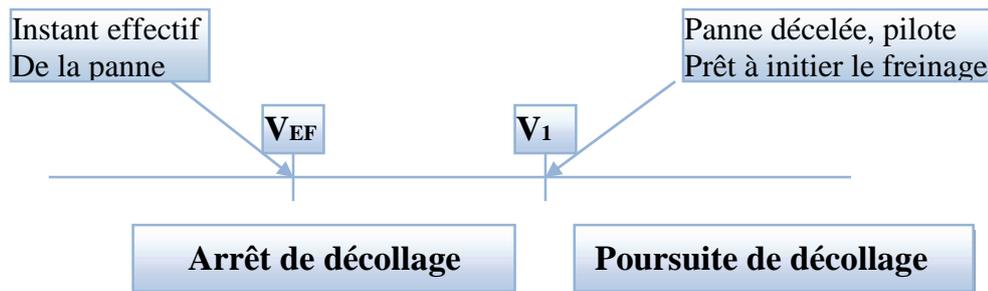
C'est la vitesse retenue comme moyen de décision, en cas de panne de toute nature, au cours de la manœuvre de décollage à savoir (panne moteur, système, défaut de poussée...).

Par conséquent  $V_1$  est la vitesse limite à laquelle, en cas de panne, le pilote devra initier une action de freinage pour interrompre le décollage, c.à.d. être prêt à actionner le moyen de ralentissement.



### II.1.4.2 Vitesse effective de panne (VEF) :

Vitesse à laquelle le moteur critique sera supposé tomber en panne au cours de manœuvre de décollage, pour la vitesse  $V_1$  retenue. Dans la détermination essais, c'est la vitesse à laquelle le moteur critique sera mis en panne.



On doit vérifier que :

$$V_{EF} \geq V_{MCG}$$

### II.1.4.3 Vitesse de rotation (VR) :

Définition : Vitesse à partir de laquelle, par action sur le manche, le pilote cabre l'avion et l'amène suivant une technique spécifiée à l'assiette désirée pour le décollage

Détermination :  $V_R$  est déduite du calcul de la VLOF. Elle est déterminée de telle sorte que si l'avion est cabré suivant la technique préconisée l'avion décollera à VLOF

On doit vérifier que :

$$V_R \geq 1,05 V_{MCA}$$

### ✳ Définition de VMCA :

C'est la vitesse-air conventionnelle à laquelle lorsque le « Moteur critique » est mis en panne il est possible de reprendre le contrôle de l'avion et de le maintenir en vol rectiligne soit avec un dérapage nul soit avec une inclinaison inférieure à 5 Degrés, Cette vitesse est déterminée dans des conditions précises et relatives à la masse au centrage etc.

#### II.1.4.4 Vitesse d'envol VMU et VLOF :

➤ **VMU** : vitesse minimale d'envol.

C'est la vitesse à laquelle l'avion est à la limite de présenter une caractéristique dangereuse, telle que manque de control latérale (réacteurs ou extrémité de voilure risquant de toucher la piste) ou arrière de l'avion touche le sol, il faut une vitesse minimale pour qu'il s'envole, puisqu' à 10° d'assiette correspond à un Cz précis.

Cette vitesse devra être déterminée avec effet du sol aux essais et dans les deux cas suivants :

- ✓ Avec moteur en panne **VMU (N-1)**.
- ✓ Tous moteurs en fonctionnement **VMU (N)**.
  - **VLOF** : vitesse de décollage (lift off).

C'est la vitesse à laquelle l'avion quittera initialement le sol et poursuivra le décollage sans que celui-ci ne présente de danger.

On doit satisfaire les conditions suivantes :

<b>V<sub>L</sub>OF</b>	{	<b>1,05 V<sub>MU</sub> (N-1).</b> <b>1,10 V<sub>MU</sub> (N).</b>
------------------------	---	--

I

### I.1.4.5 Vitesses minimales de control au sol VMC :

Ce sont des vitesses minimales de reprises en main en cas de panne moteur :

- **VMCG** (vitesse minimale de control au sol) : à cette vitesse il doit être possible de garder le contrôle de l'avion sur la piste en ne se servant que des gouvernes principales.
- **VMCA** (vitesse minimale de contrôle en vol) : à cette vitesse, en cas de défaillance du moteur critique au cours du décollage, l'avion peut être repris en main et ne se maintenu en vol rectiligne, soit avec un dérapage nul, soit avec une inclinaison inférieure à 5°.
- **VMCL** : c'est la vitesse à laquelle en cas de panne moteur, il est impossible de prendre le contrôle de l'avion, et de le maintenir en vol rectiligne avec une inclinaison de 5°.

### II.1.4.6 Vitesses de décrochage (VS) :

C'est la vitesse minimale de vol en régime stabilisé dans la configuration considérée que soit au décollage, croisière, approche ou atterrissage.

A chaque fois qu'on écrit Vs il faut préciser la configuration de l'avion :

- Moteurs aux ralentis ou poussée nulle.
- Centrage le plus défavorable sur la vitesse de décrochage

### II.1.4.7 Vitesses de sécurité au décollage (V2) :

C'est la vitesse à laquelle le décollage est assuré, elle doit être atteinte au plus tard au passage de 35ft (10,5m) et maintenue au moins jusqu'à 400 ft (120m).



### Détermination de V1 :

Elle est déterminée en fonction de VEF effective de panne.

- VEF : Vitesse à laquelle le moteur critique sera supposé tomber en panne au cours de la manœuvre de décollage»

- A V1 la panne qui s'est produite à VEF est reconnue.

- A V1 le décollage doit pouvoir être poursuivi donc :

$$V1 \quad V_r \text{ donc } VMCG \quad VEF < VI < V_r$$

### II.1.5 Limites pouvant intervenir sur les vitesses de décollage :

Dans certaines conditions les vitesses de décollage peuvent être limitées par d'autres paramètres tels que la vitesse maximale d'utilisation des freins, l'état de la piste (piste mouillée, couverte de neige, inondée etc.) la défaillance du système d'anti patinage etc.

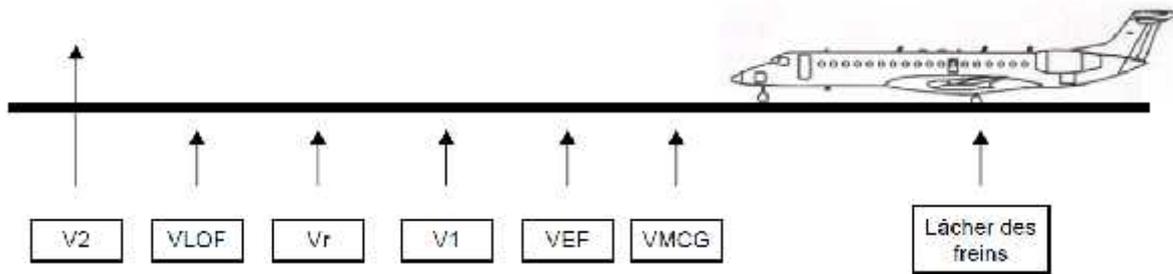
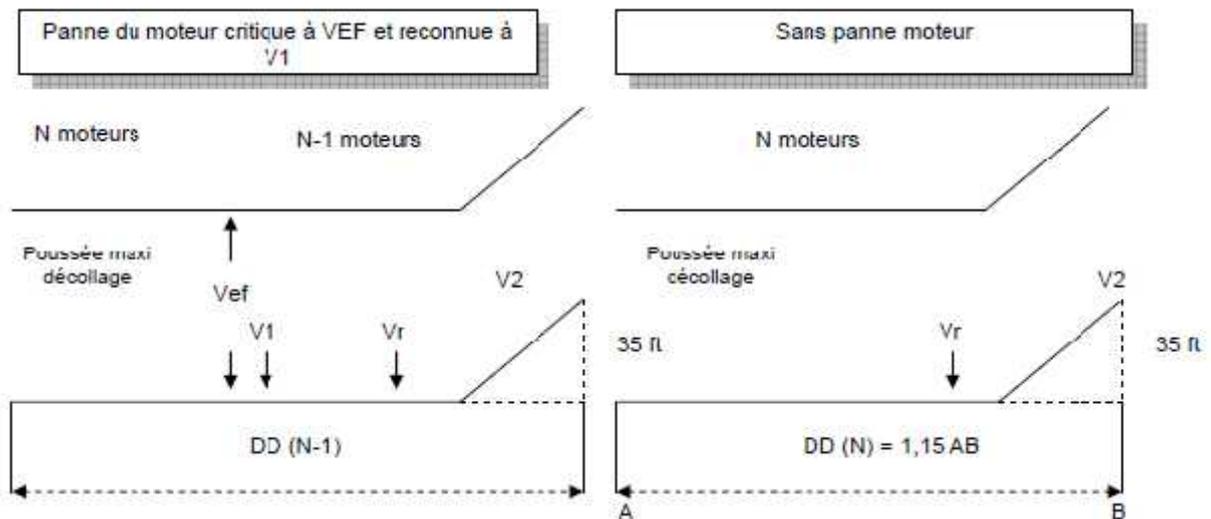


Fig. II.4

II.1.5.a Les distances associées au décollage

→ Distance de décollage : DD

Cette distance est déterminée de 2 façons et, pour les mêmes conditions et la valeur retenue est la plus grande des deux.

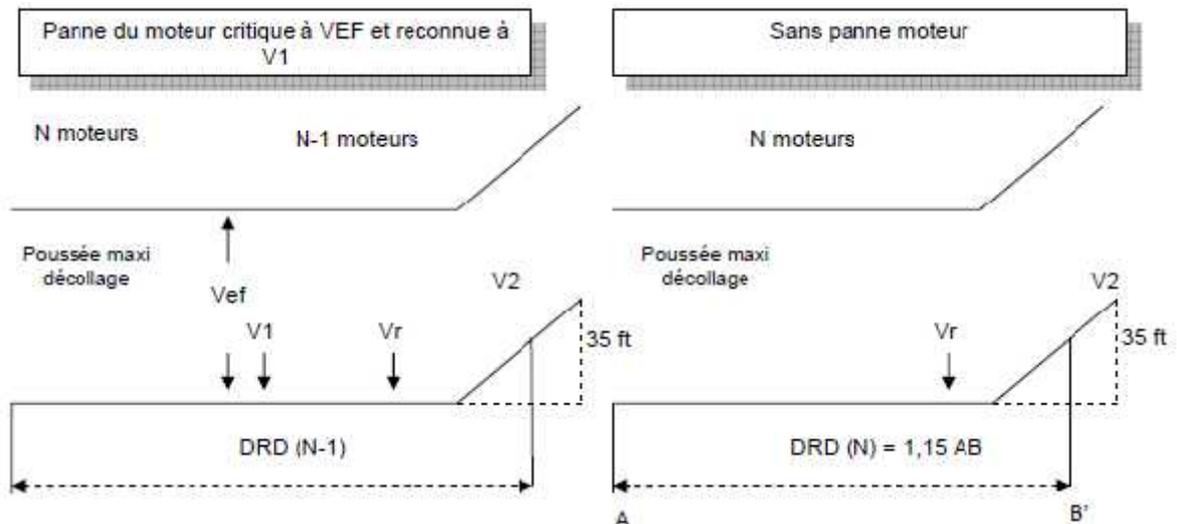


DD (N-1)

Distance retenue = la plus grande de : DD (N) soit 1,15 Distance réelle

### → Distance de roulement au décollage: DRD

La détermination de DRD découle directement de celle de DD et se fera de 2 façons :  
La DRD sera la distance parcourue depuis le lâcher des freins jusqu'au milieu du segment (franchissement des 35 ft)



### DRD (N-1)

**Distance retenue = la plus grande de : DRD (N) soit 1,15 A B' (Distance réelle)**

### II.1.6 L'enveloppe opérationnelle :

Le constructeur a donné de telles limites (température, altitude pression) pour lesquelles les performances de l'avion ont été vérifiées et certifiées, et cela pour encadrer le domaine courant d'utilisation.

L'exploitant doit s'assurer qu'il est toujours à l'intérieur de ce domaine malgré que son dépassement reste d'une probabilité extrêmement faible.

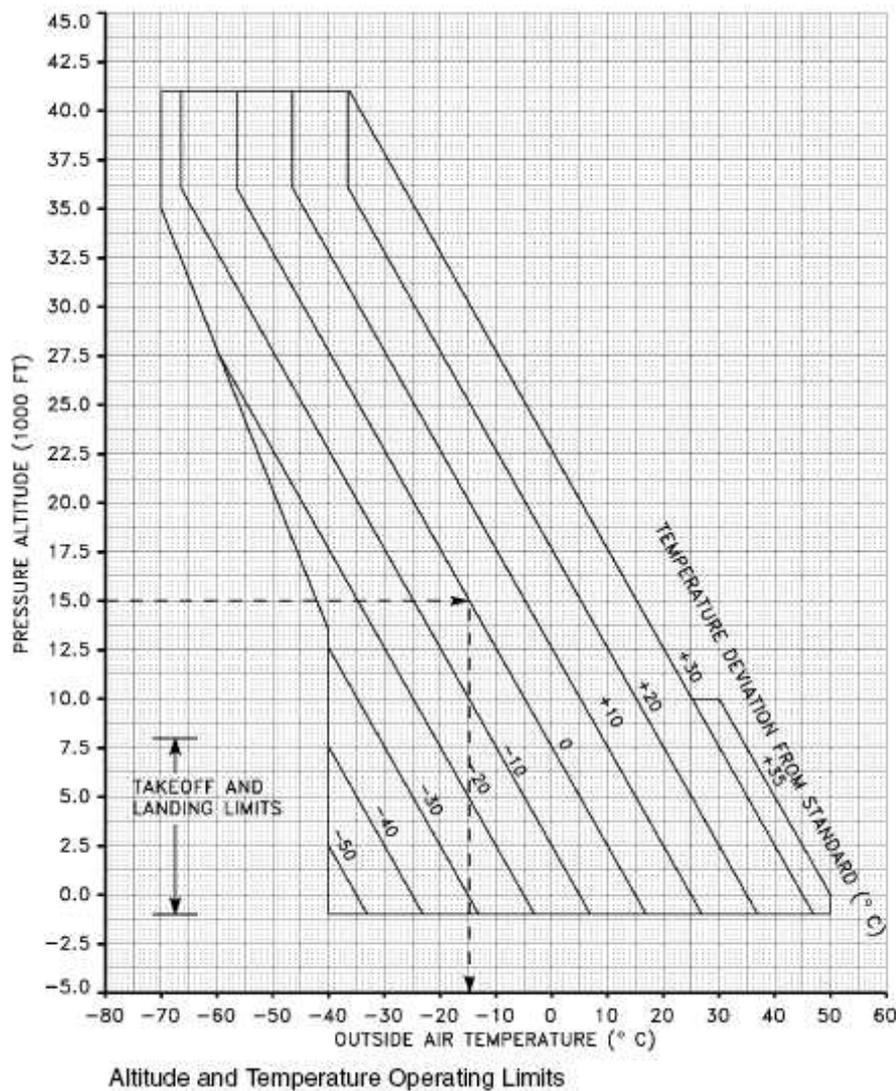


Fig. II.5 : L'enveloppe opérationnelle du CRJ 900

### II.1.7 Les performances exigées au décollage :

Quelles que soient les conditions extérieures, l'avion doit avoir des performances minimales après décollage avec le moteur "critique" en panne depuis la Vef. Ces performances exigées sont exprimées en pente-air en % notée Z

$$Z \% = 100 \times (T_u - T_n) / mg = 100 \times (T_u / mg - 1/f)$$

Avec:  $T_u$  : Poussée fournie par les moteurs,

$T_n$  : Poussée nécessaire au vol en palier,

f : finesse

### II.1.8 Trajectoires réglementaires au décollage :

➤ **Définition:**

Trajectoire de décollage : Trajectoire débutant au lâcher des freins et finissant au point où l'avion franchit la hauteur de 1500 Ft.

Trajectoire d'envol : Trajectoire débutant au passage des 35 Ft et finissant au point où l'avion franchit 1500 ft.

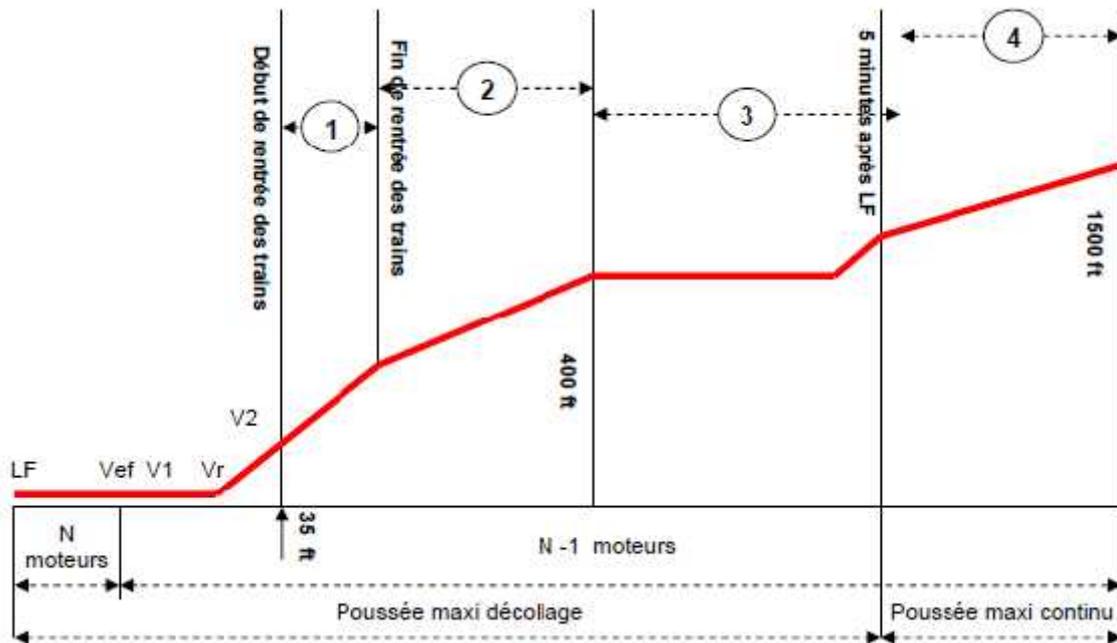


Fig. II.6 : Trajectoire de décollage = Décollage + Envol

La réglementation exige les pentes suivantes pour chaque segment et pour chaque type d'avion (avec le moteur critique en panne).

Segment	Configuration				Observations
	Train	Volets/becs	Poussée	Vitesse	
1	sorti	Décollage	Max décollage	V2	
2	rentré	Décollage	Max décollage	V2	
3	Phase d'accélération pour la rentrée des volets et des becs Défini par le constructeur et donc variable selon la machine				
4 (final)	rentré	Rentrés	Max continu	Vom > 1,25 Vs	Vom vitesse optimale de montée

## II-1-9 Limitation piste :

Les distances associées au décollage sont les suivantes :

### II.1.9.a Distance de roulement au décollage (DRD) :

La distance de roulement au décollage sera la distance parcourue depuis le lâcher des freins jusqu'au milieu du segment ( $V_{LOF}$  – passage des 35 ft) elle est déterminée en deux façons :

- Panne du moteur « critique » à  $V_{EF}$  et reconnu à  $V_1$

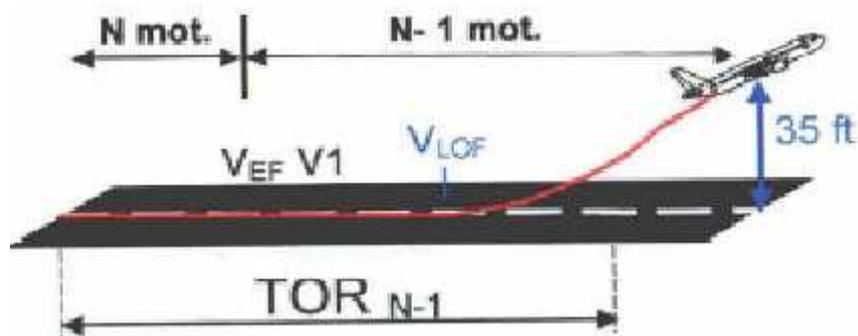


Fig. II.7 : distance de roulement au décollage avec N-1 moteur.

- Sans panne moteur

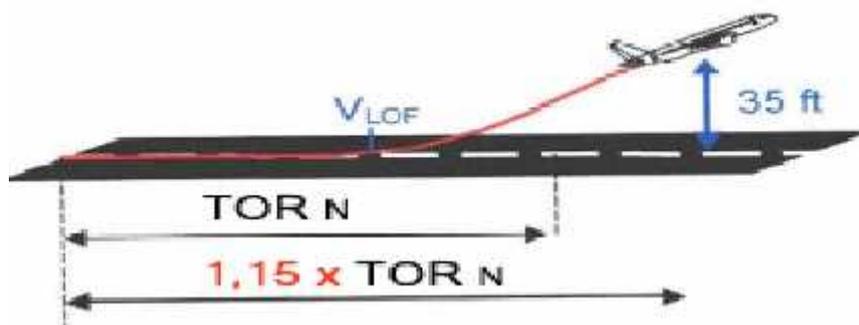


Fig. II.8 : distance de roulement au décollage avec N moteur.

$$\text{TOR retenue} = \text{Sup} (\text{TOR}_{N-1} ; 1,15 \times \text{TOR}_N)$$

### II.1.9.b Distance de décollage (DD) :

C'est la plus grande des deux distances déterminé les deux façons suivantes :

- Panne du moteur « critique » à  $V_{EF}$  et reconnu à  $V_1$

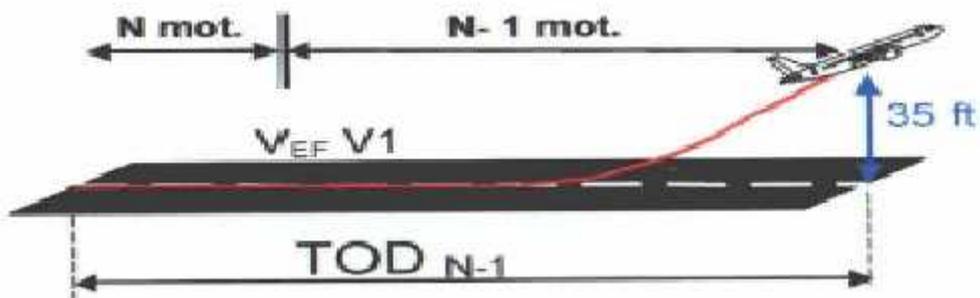


Fig. II.9 : distance de décollage avec N-1 moteur.

- Sans panne moteur

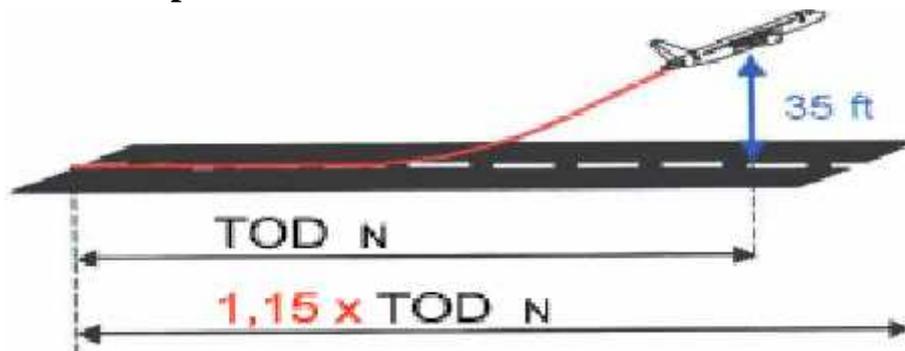


Fig. II.10 : distance de décollage avec N moteur.

$$\text{TOD retenue} = \text{Sup} (\text{TOD}_{N-1} ; 1,15 \times \text{TOD}_N)$$

### II.1.9.c Distance d'accélération- arrêt (DAA) :

C'est la plus grand des distances suivantes :

1. La distance nécessaire au freinage de l'avion après détection de la panne du moteur critique à  $V_1$ .

#### ➤ Panne du moteur critique à $V_{EF}$ et reconnu à $V_1$

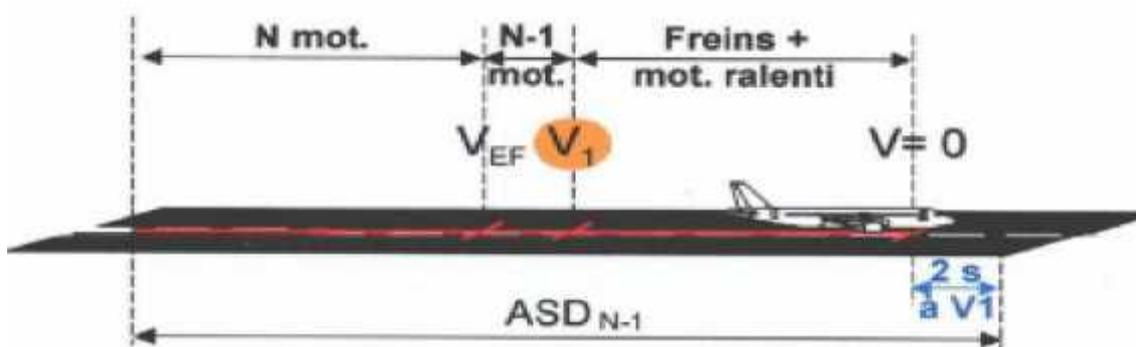


Fig. II.11 : distance d'accélération arrêt avec  $N-1$  moteur.

2. Sans panne du moteur critique, la distance depuis le lâcher des freins jusqu'à  $V_1$ , plus la distance nécessaire pour le freinage.

➤ Sans panne moteur

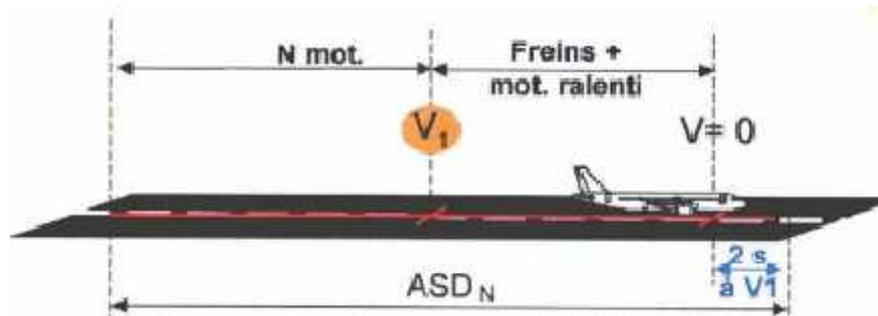


Fig. II-12 : distance d'accélération arrêt avec N moteur.

$$\text{ASD retenue} = \text{Sup} (\text{ASD N-1} ; \text{ASD N})$$

## II.2 Etudes des performances :

Le document de performances « flight crew operating manuel » à notre disposition contient les performances des différentes phases de vol.

En tenant compte des conditions les plus pénalisantes, nous allons donc aborder les performances des deux appareils CRJ 900 et B737-600 et cela pour les différentes phases de vol suivantes :

- ✓ Montée.
- ✓ Croisière.
- ✓ Attente.
- ✓ Descente.

### II.2.1 La montée :

La montée est la première phase de vol, elle peut aussi intervenir durant le vol en croisière ascendant ou bien en approche interrompue, la réglementation américaine (FAR PART 25) et européenne (JAR OPS) exigent des pentes minimales à respecter pendant la montée.

#### II.2.1.1 Les pentes minimales de montée :

##### II.2.1.1.1 La trajectoire de décollage :

CONFIGURATION	PENTE MINIMALE EXIGEE (DEUX MOTEURS EN FONCTIONNEMENT)
Moteur critique en panne 400ft à 1500ft au dessus de la piste	1,2 %
Pente de réduction pour La trajectoire nette	0,8 %

## II.2.1.1.2 Montée au décollage :

LE SEGMENT	CONFIGURATION	PENTE MINIMALE EXIGEE
<b>1<sup>er</sup> segment.</b>	-trains sortis -moteur critique en panne -poussée décollage. -volets décollage. -vitesse <b>VLOF</b> .	0,0 %
<b>2<sup>eme</sup> segment</b>	-trains rentrés -moteur critique en panne. -poussée décollage. -vitesse <b>V2</b> . -altitude pour laquelle les trains d'atterrissage totalement rentrés.	2,4 %
<b>Segment final</b>	-moteur critique en panne. -poussée maxi continue. -configuration de vol. -V 1,23 VS.	1,2 %

## II.2.1.1.3 Montée en vol :

CONFIGURATION	PENTE MINIMALE EXIGEE
Moteur critique en panne Poussée maximum continue Configuration de vol	1,1 %

## II.2.1.1.4 montée - masse atterrissage limité :

CONFIGURATION		PENTE MINIMALE EXIGEE
<b>Montée en approche</b>	-moteur critique en panne -poussée décollage. -volets approche. -trains rentrés. -altitude de l'aéroport. -V 1,4 VS. -volet d'approche choisis de tel sorte que : <b>VS</b> (volet app) 10 % <b>VS</b> (volet att).	2,1 %
<b>Montée en atterrissage</b>	-tous les moteurs en fonctionnement. -poussée équivalente à 8 secs après la remise des gaz pour décoller après le vol ralenti. -altitude de l'aéroport. -trains sortis et V 1,23 VS.	3,2 %

### II.2.1.2 montée en exploitation :

Généralement les montées s'effectuent en régime moteur maxi-moteur défini par le constructeur.

Ce régime de montée nous donne les meilleures performances ascensionnelles, en ayant une vitesse donnée, les différents types de montée sujets à notre étude sont les suivantes :

- ✓ montée à pente maximale.
- ✓ Montée à vitesse ascensionnelle maximum.
- ✓ Montée à consommation distance minimum.
- ✓ Montée à prix de revient minimale PRM dite « normale ».
- ✓ Montée à vitesse élevée dite « rapide ».

#### II.2.1.2.1 Montée à pente maximum :

##### ❖ Régime moteur : maxi-montée

Cas d'utilisation : cette montée est surtout utilisée pour atteindre un niveau maximum en un point donné (cas d'un obstacle par exemple).

#### II.2.1.2.2 Montée à vitesse ascensionnelle maximum :

##### ❖ Régime moteur : maxi-montée

Cas d'utilisation : à la demande du contrôle pour rejoindre un niveau de vol dans un minimum de temps.

#### II.2.1.2.3 Montée à consommation distance- maximum :

##### ❖ Régime moteur : maxi-montée

Cas d'utilisation : minimiser la consommation du carburant

#### II.2.1.2.4 Montée à prix de revient minimale dite « Normale » :

##### ❖ Régime moteur : maxi-montée

Cas d'utilisation : montée réalisant le meilleur compromis temps/consommation distance.

#### II.2.1.2.5 Montée à vitesse élevée dite « Rapide » :

##### ❖ Régime moteur : maxi-montée

Cas d'utilisation : utilisée pour le court-courrier, elle privilégie le temps de vol sur la consommation carburant.

#### II.2.1.2.6 Montée cabine:

L'altitude pression de la cabine peut être diminuée mais elle doit être inférieure à la valeur maximale fixée à 10 000ft.

Pour des raisons de confort passagers la montée cabine s'effectue à 500ft/min.

### II.2.2 Croisière :

Avant d'entamer la croisière il est utile de connaître les notions suivantes :

#### II.2.2.1 les consommations :

##### Consommation horaire : CH

C'est la consommation de carburant par unité de temps exprimée généralement en Kg/Heure.

### Consommation spécifique : Csp

C'est le rapport entre la consommation horaire et la poussée exprimée en :

- consommation horaire par unité de puissance

➤ Pour un turbopropulseur :  $C_{sp} = Ch / W_m$  exprimée en **Kg/Cv.H**

- consommation horaire par unité de poussée

➤ Pour un turboréacteur :  $C_{sp} = Ch / Tu$  exprimée en **Kg/H.N**

Avec :

**Tu** : la poussée utile du moteur exprimée en Newton

**Ch** : consommation horaire (kg/H)

**Wm** : puissance mécanique (Cv)

### Consommation-distance :

Les avions de transport passagers couvrent des distances exprimées par milles nautiques, d'où la nécessité de connaître la quantité de carburant consommée par mille nautique, la notion de consommation-distance :

$$C_d = Ch / V_s$$

**Vs** : étant la vitesse sol

➤ Pour un vent nul :  $Cd = Ch / Vp$

$Vp$  : étant la vitesse propre de l'avion

### II.2.2.2 Rayon d'action spécifique « Rs »:

C'est la distance parcourue par unité de consommation exprimée généralement en **NM/Kg**

$$Rs = 1 / Cd = Vs / Ch$$

➤ Pour un nul :  $Rs = Vp / Ch$

Notons que :

$$Vp = a * M$$

$$Ch = Csp * Tu$$

Aussi pour un vol en palier :  $Tu = Tn = mg/f$

$f$  : étant la finesse de l'avion ( $Cz/Cx$ )

$$\begin{cases} a = \sqrt{\gamma \cdot r \cdot T} \\ a_0 = \sqrt{\gamma \cdot r \cdot T_0} \end{cases} \Rightarrow a = a_0 \sqrt{\frac{T}{T_0}}$$

$a$  : étant la célérité du son

$\gamma$  : C'est la constante des gaz parfaits ( $\gamma = 1.4$ )

D'où :

$$R_s = \frac{a_0 \cdot (M \cdot f)}{mg \cdot \left( \frac{C_{sp}}{\sqrt{T/T_0}} \right)}$$

$$T_0 = 288.15^\circ\text{K} \Rightarrow a_0 = 661.5^\circ\text{K}$$

### Remarque :

Le rayon spécifique est le paramètre le plus utilisé dans l'étude des performances en croisière.

Il dépend de :

- la conduite motrice (**Csp**)
- **N** : le paramètre principal agissant sur **Csp** qui est aussi le nombre de tours que fait le moteur.

Le minimum de **Csp** pour un régime est atteint à 80% du régime maximal, il faut donc adapter la poussée du moteur de l'avion de telle sorte que le régime de croisière se situe près de minimum de **Csp**.

Il faut, d'autre part, que la poussée de décollage soit suffisamment élevée pour ne pas pénaliser de trop la masse de décollage.

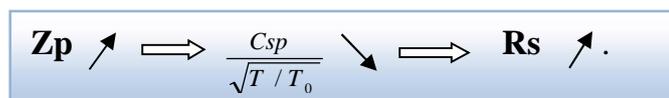
→ La masse de l'avion :



→ L'aérodynamique et la vitesse de l'avion :



→ L'altitude de l'avion :



### II.2.2.3 Régime de marche :

A la cour du vol et pendant la croisière le pilote choisira une méthode de conduite de son appareil que l'on appelle régime de marche, et cela suivant les besoins et la rentabilité désirée pour chaque compagnie, il existe quatre (4) régimes de marche :

- ✓ Croisière à maxi-range.
- ✓ Croisière longue-range.
- ✓ Croisière à Mach (PRM) (prix de revient minimal).
- ✓ Croisière à Mach constant.

#### II.2.2.3.1 Croisière à maxi-range :

C'est le régime de marche ou le nombre de Mach (MMR) correspondant à une consommation distance ( $d$ ) minimale ou à un rayon d'action ( $R_s$ ) max.

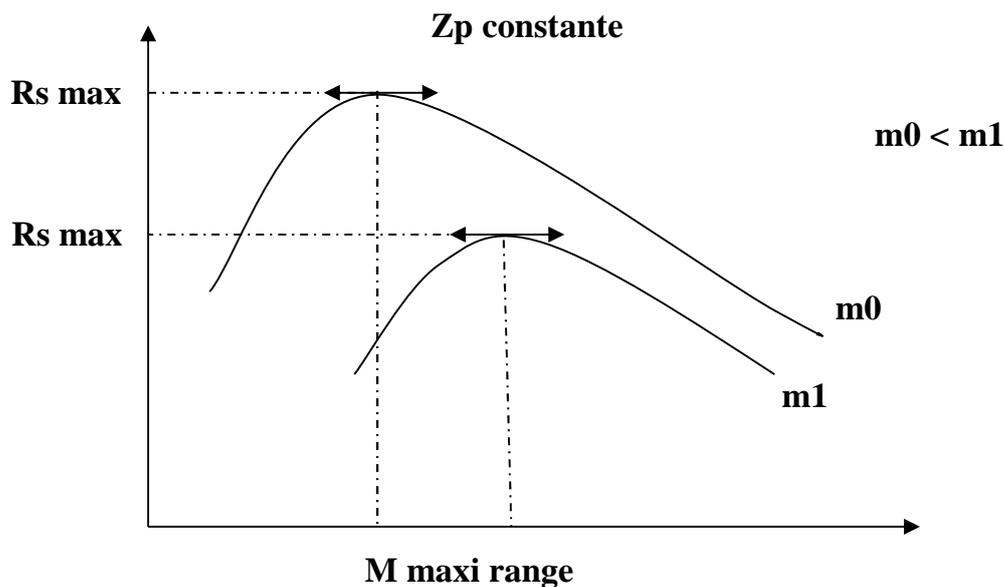


Fig. II.13 : courbe représentatif de  $R_s = f(MMR)$ .

En général, le Mach maxi range varie en fonction de la masse ( $m$ ) et de ( $Zp$ ) :

- à  $Zp = Cte$  : lorsque  $m$  
- à  $m = Cte$  : lorsque  $Zp$  

➤ **Avantage du Mach maxi range :**

Son avantage est de minimiser la consommation sur une étape

➤ **Inconvénients :**

Ce régime nécessite un affichage exact de ce Mach, donc un petit décalage sur l'affichage peut engendrer une augmentation de consommation distance.

Alors si on programme un vol avec régime maxi range le pilote doit afficher exactement et avec précision les paramètres de vol.

➤ **Utilisation :**

Ce régime est utilisé seulement comme secours au cours du vol, on programme rarement un vol à ce régime là.

### II.2.2.3.2 Croisières à Mach long range :

C'est un vol à nombre de Mach supérieur au premier régime (MMR) dans lequel le rayon d'action n'est réduit que de 1% par rapport à celui de maxi range.

Ou bien **Rs Long Range = 99% Rs Maxi Range**

En général, MLR varie dans le même sens que celui du maxi range

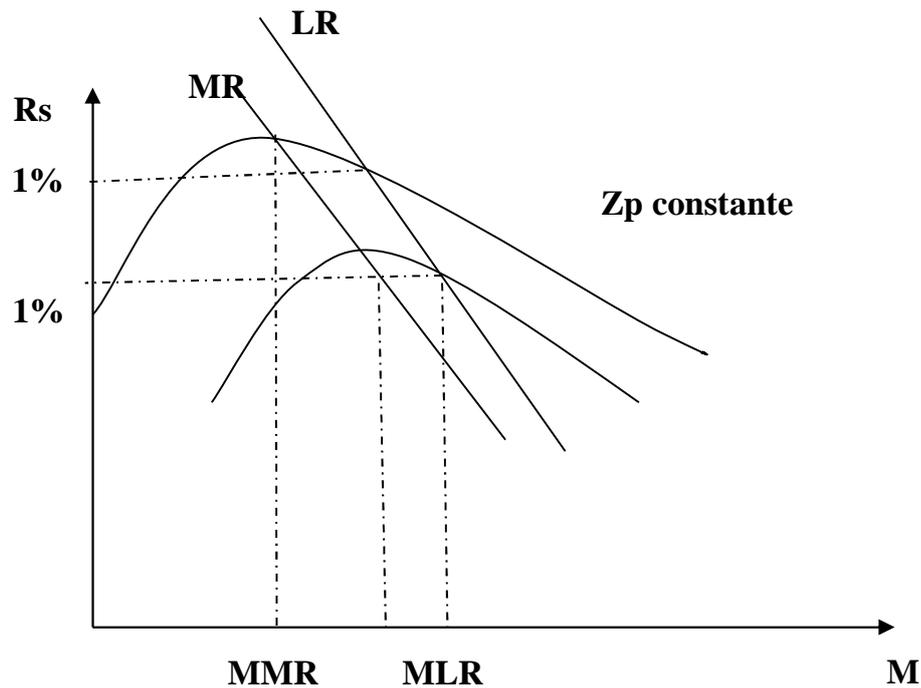


Fig. II.14 : courbe représentatif de  $R_s = f(MLR)$ .

**Remarque :**

Le Mach long range varie dans les mêmes conditions que celui du maxi range.

➤ **Avantage de Long Range :**

Pour une perte faible sur la consommation compenser par un gain sur le temps de vol.

La tenue des paramètres peut être moins précise, en effet tout Mach de vol affiché inférieur au MLR se traduit par une diminution de la consommation de carburant.

➤ **Utilisation :**

Ce régime était utilisé surtout où l'économie du carburant est très importante.

### II.2.2.3.3 croisière à Mach PRM :

C'est le nombre de Mach à afficher pour minimiser les coûts directs à l'heure de vol, ces coûts sont la somme des deux éléments :

- coût lié au temps de vol (PNT, PNC, maintenance)
- coût de carburant

D'où :

$$CD = P_c \cdot d + P_t \cdot t + P_f$$

Avec :

**P<sub>c</sub>** : prix du kg de carburant

**D** : consommation du carburant

**P<sub>t</sub>** : prix lié aux temps de vol par heure de vol

**t** : temps de vol

**P<sub>f</sub>** : coût fixe indépendant du temps de vol

Pour minimiser le coût direct, il suffit de minimiser la somme **P<sub>c</sub>.d + P<sub>t</sub>.t** pour chaque NM parcourue :

du « C =

$$C (1NM) = P_c \cdot 1/R_s + P_t \cdot 1/V_p$$

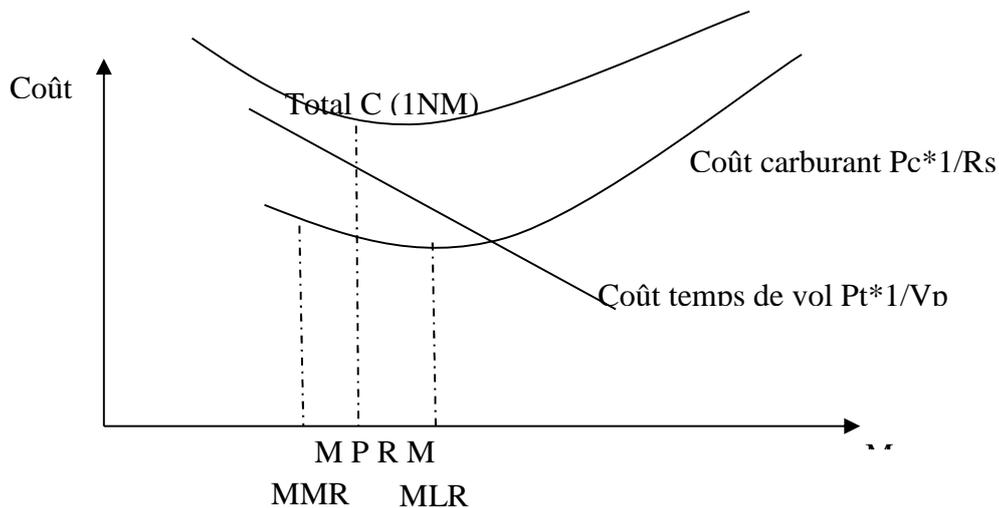


Fig. II.15 : courbe représentatif de  $R_s = f(MPRM)$ .

### 🌈 Les paramètres ayant une influence sur MPRM :

#### ➤ La masse :

Lorsque M augmente  $\longrightarrow$  MMR augmente  $\longrightarrow$  MPRM augmente  
(à  $Z_p = Cte$ )

#### ➤ L'altitude pression :

Lorsque  $Z_p$  augmente  $\longrightarrow$  MMR augmente  $\longrightarrow$  MPRM augmente  
(à  $m = Cte$ )

#### ➤ Le coût carburant :

Lorsque  $P_c$  augmente MPRM tend vers le MMR

MPRM est le plus souvent situé entre le MMR et le MLR donc le vol au MPRM étant avantageux au coût total et au carburant

#### ➤ **Avantage :** Ce Mach permet le meilleur compromis consommation-temps de vol.

### II.2.2.3.4 Croisière à Mach constant :

Il est possible d'effectuer une croisière à un nombre de Mach constant.

#### ➤ **Avantage :**

Facilité de suivi des paramètres de vol.

#### ➤ **Inconvénients :**

On s'écarte des conditions optimales, surtout lorsque le vol se fait à une altitude pression constante.

➤ **Altitude de décrochage :**

C'est l'altitude maximale que peut atteindre un avion de masse donnée s'il veut maintenir un nombre de mach maximal fixé.

• **Commentaire :**

Paramètres ayant une influence sur l'altitude de décrochage :

- température extérieure : l'altitude de décrochage augmente quand la température extérieure diminue
- nombre de Mach : en générale, plus le Mach est faible plus l'altitude décrochage est élevée.

• **Masse avion :**

L'altitude de décrochage augmente quand la masse diminue

Lorsqu'il y a une panne moteur, l'altitude de décrochage est définie à partir du régime d'urgence (Maxi continue)

## II.2.3 L'attente :

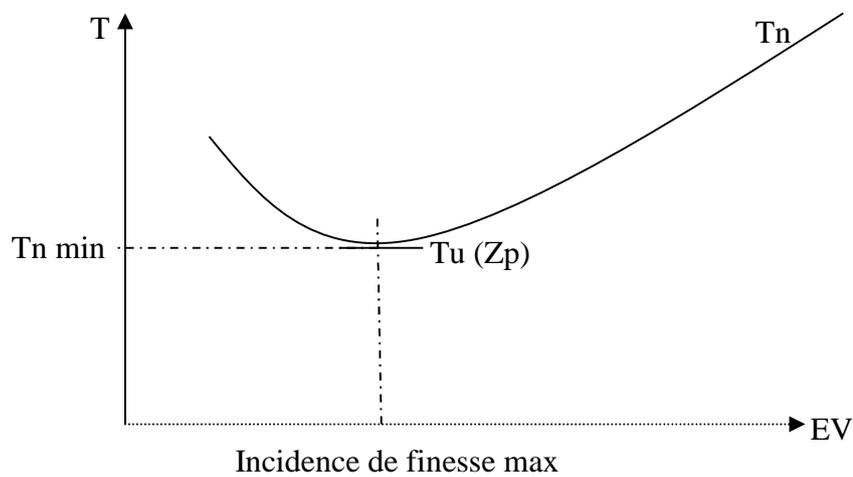
### II.2.3.1 L'incidence d'attente :

Le régime d'attente est le régime de  $C_h$  min

✓  $C_h = C_{sp} \times T_u$  avec  $T_u = T_n$  (vol en palier)

✓  $C_h = C_{sp} \times \text{poids} / \text{finesse}$

Incidence de finesse max  $\Rightarrow$   $C_h$  min



**Fig. II.16 : Courbe  $T = F(EV)$ , à m fixé**

Donc l'incidence d'attente est celle de finesse max.

## II.2.4 La descente :

Les objectifs de l'exploitation sont différents, c'est pour cela qu'il existe plusieurs types des descentes :

- ✓ descente à pente minimale.
- ✓ descente à vitesse de descente minimale.
- ✓ descente à consommation minimale.
- ✓ descente à prix de revient minimal.

### II.2.4.1 Descente à pente minimale :

$$= \min \Rightarrow [(Tu / mg) - (1 / f)] \min \Rightarrow f \max.$$

La descente à pente minimale s'effectue à l'incidence de finesse maximale.

### II.2.4.2 Descente à consommation minimale dite « Economique » :

Il s'agit de réaliser une meilleure consommation – distance, donc voler sur une plus grande distance à régime réduit, pour cela il faut réduire la pente de descente, donc on se rapproche de la vitesse de finesse max.

### II.2.4.3 Descente à prix de revient minimal dite « Normal » :

Il s'agit pour ce type de descente de réaliser le meilleur compromis entre le temps et la consommation. Pour gagner du temps, il faudra rester en croisière un peu plus longtemps et descendre avec une vitesse plus importante.

Vu l'importance du coût du carburant dans les coûts d'exploitation, les vitesses de descente « Normal » ont tendance à diminuer pour se rapprocher de la vitesse à f max.

**Remarque :**

L'économie ne peut être réalisée que si le point de descente est déterminé avec précision, ce point varie suivant la direction du vent debout ou arrière.

- une descente prématurée obligera à faire un palier à basse altitude
- une descente tardive obligera à employer les aérofreins ou spoilers.

**II.2.4.4 Descente de secours :**

En cas de panne de pressurisation on peut effectuer une descente de secours. Pour obtenir une forte vitesse verticale de descente, il faut :

- afficher la vitesse verticale.
- Avoir les moteurs réduits, pour augmenter leurs performances.
- On pourra utiliser les aérofreins, d'où  $V = V_{m0}$

# *Chapitre III*

## Introduction :

La mise en ligne d'un nouvel avion nécessite une maîtrise de toutes ses performances pour le réseau de lignes desservies par la compagnie, l'étude de ligne c'est l'étude des paramètres suivants :

- Consommation.
- Temps de vol.
- Charge offerte.

Dans ce chapitre, on s'intéressera à la quantité de carburant (**BLOC FUEL**) et le temps de vol (**BLOC TIME**) nécessaire pour une étape donnée et cela en optimisant au maximum la masse au décollage d'où une charge offerte maximale.

Pour que l'analyse soit bénéfique on a choisi des étapes courtes et moyes courriers correspondant aux rayons d'action des deux appareils à savoir le B737-600 et le CRJ900.

### III-1 Profil de la mission :

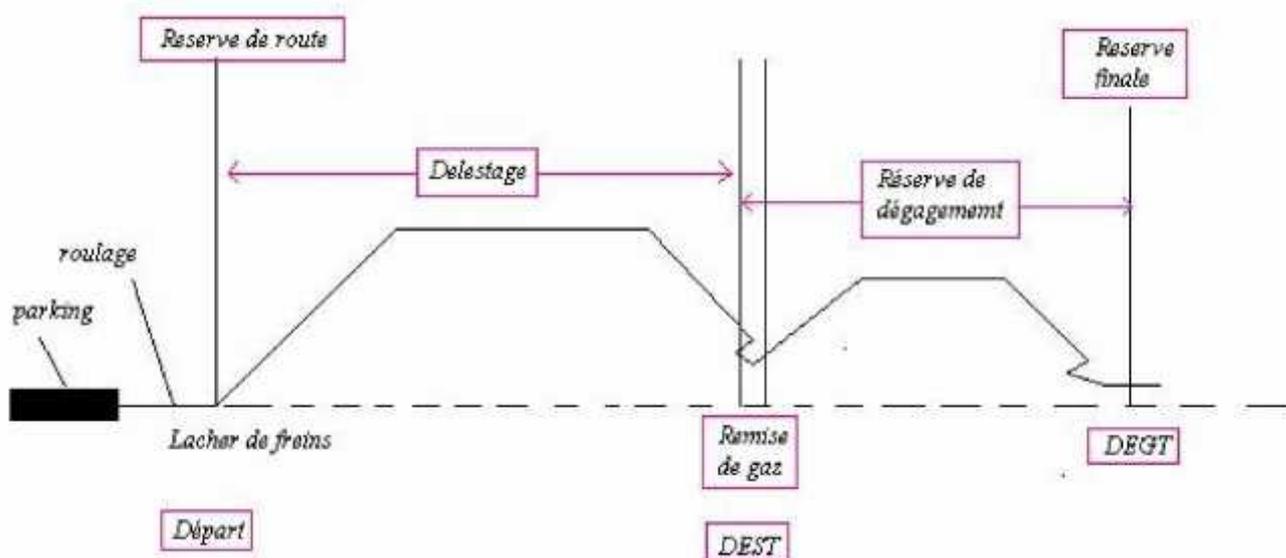


Fig. III .1 : carburant bloc.

### III.1.1 Quantité de carburant réglementaire à embarquer :

Le « **QLF** » est la quantité de carburant au lâcher des freins qui doit être égale à la somme des quantités suivantes :

#### III.1.1.1 Délestage de l'étape « d » :

Il se définit par la quantité de carburant nécessaire depuis le lâcher des freins à l'aérodrome de départ, jusqu'au toucher des roues à l'aérodrome de destination, incluant toutes contraintes prévisibles sur la route (circulation aérienne, météorologie, performances avion...).

#### III.1.1.2 Réserve de route « RR » :

C'est une quantité destinée à couvrir les écarts entre les conditions réelle de vol et les conditions prévues, la réserve de route présente 5% du délestage de l'étape selon la réglementation JAR OPS.

#### III.1.1.3 Réserve de dégagement « RD » :

Quantité de carburant nécessaire depuis la remise des gaz à l'aérodrome de destination, jusqu'au toucher des roues à l'aérodrome de dégagement le plus éloigné, compte tenu de toutes les contraintes prévisibles.

En conséquence, la réserve de dégagement comprend notamment « la remise des gaz » et « la procédure d'approche aux instruments » à l'aérodrome de dégagement.

#### III.1.1.4 Réserve finale « RF » :

C'est une réserve forfaitaire destinée à couvrir les aléas enfin de voyage.  
La quantité de carburant au lâcher des freins est égale :

$$Q_{lf} = d + RR + RD + RF$$

### III.1.1.5 Roulage « r » :

C'est la quantité de carburant nécessaire pour assurer la mise en route et le roulage jusqu'au point du lâcher de freins.

Donc :

$$Q_{emb} = r + Q_{lf}$$

### III.2 Charge offerte / Distance :

#### III.2.1 Détermination de la masse maximale au lâcher des freins et de la charge offerte :

Pour tenir compte des limitations, nous devons vérifier le respect simultané des relations suivantes :

$$\left\{ \begin{array}{l} \text{MMSD} \\ \text{MMSA} + d \\ \text{MMSC} + Q_{lf} \end{array} \right.$$

#### Masse réelle de décollage (lâcher des freins) :

La masse maximale au décollage qui sera la plus petite des quantités (MMSD, MMSA + d, MMSC + Q<sub>lf</sub>) sera appelée par définition **Limitation Utile (L/U)**

Donc :

$$\text{Limitation utile (L/U)} = \text{Inf} (\text{MMSD}, \text{MMSC}+d, \text{MMSC}+Q_{lf})$$

### III.2.2 Calcul de la charge offerte :

→ La masse maximale au lâcher des freins = limitations utiles

Sachant que la masse de l'avion est constituée de :

- Masse de base ( $mb$ ) = masse de l'avion pour l'étape considérée
- Quantité de carburant au lâcher des freins.
- Charge marchande

Nous devrions vérifier que :

$$\text{Limitation Utile} = mb + Qlf + \text{charge}$$

→ Si on appelle charge offerte  $C/O$ , la charge telle que l'égalité suivante soit vérifiée, on aura :

$$C/O = L/U - (mb + Qlf)$$

La quantité ( $mb + Qlf$ ) est appelée masse en opération (**Mops**)

Donc :

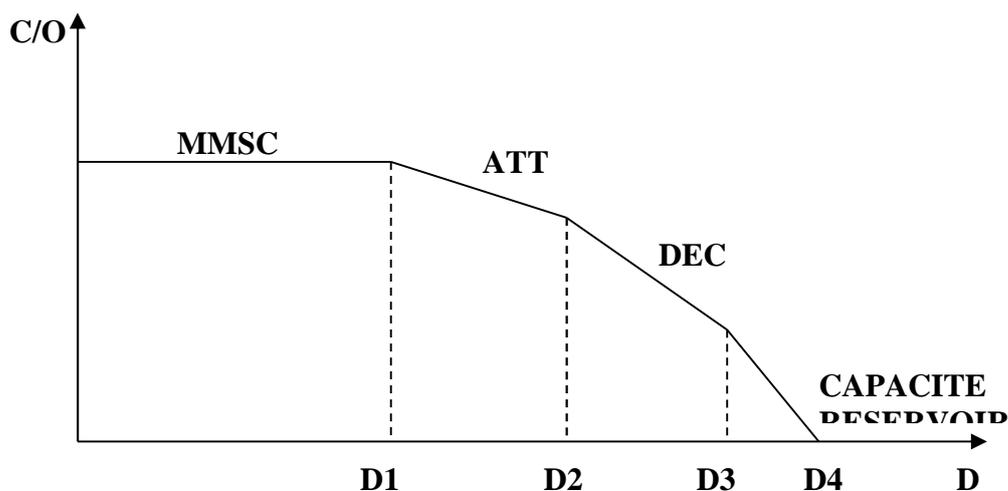
$$\text{Mops} = mb + Qlf$$



### III.3.3 Etude de la courbe de la charge offerte en fonction de la distance :

Pour étudier la courbe de la charge offerte en fonction de la distance, les réserves considérées au paravent (réserve de route, réserve de dégagement, et réserve finale) sont indépendantes de la distance.

Le délestage est calculé pour un régime de vol donné (maximum range, long range, mach constant)



**Fig. III.2: La courbe de la charge offerte en fonction de la distance.**

A partir du graphe :

- **De 0 à D1 :** La nature de limitation est sans carburant. Si la distance augmente, le délestage augmente et la charge offerte diminue.
- **De D1 à D2 :** dans ce segment, on est limité par la masse atterrissage.
- **De D2 à D3 :** dans ce segment, on voit qu'on est limité par la masse de décollage car la distance augmente et la charge offerte diminue.
- **De D3 à D4 :** pour cette distance, on est limité par la capacité réservoir parce que c'est un vol long courrier et la distance est très longue, qui signifie une charge offerte moins importante que les limitations précédentes.

### III.3 Etudes de lignes :

#### III.3.1 introduction :

Pour chaque étape de vol du réseau choisi, on calcule la masse maximale au décollage en prenant en compte les différentes limitations citées au chapitre1 (limitation structural, piste, obstacle et vitesse), le temps de vol (étape et dégagement), la consommation carburant de l'étape et les différentes réserves, le nombre de passager transporté et la masse d'atterrissage,

Les tableaux illustrés ci-dessous regroupent les trois éléments importants pour la comparaison :

- ❖ consommation carburant.
- ❖ temps de vol.
- ❖ le nombre de passager transporté.

#### *Scénarios de comparaison :*

Conditions des vols :

- Distance de déroutement : des dégagements réels pour ont été pris pour chaque étape.
- PAX : 100 kg (masse d'un passager avec Bagages).
- Max take off certifié.

#### *Source :*

- FCOM et FPPM (les tables et les abaqués tirés de la partie performance des FCOM des aéronefs)
- la distance entre les différents aéroports pris des cartes JEPPESEN (carte : 1-2, 3-4)
- les données de pistes sont tirées de L'AIP ALGERIE et le manuel JEPPESEN (Route Manuel Alegria).
- Le plan de vol établi en utilisant le « JETPLAN » de la compagnie « AIR-ALGERIE » pour le B737-600.

Le tableau suivant illustre les caractéristiques des pistes choisies :

	CODE	Coordonnées	RNW No	ELV (ft)	TORA (m)	TODA (m)	ASDA (m)	SLOPE	OBST	TEM P °C
ALGER	ALG	36°41'40''N 003°13'01''E	05R/23L 09L/27R	82 82	3500 3500	3500 3500	3500 3500	0.09 0.09	NO YES	50
CONSTANTINE	CZL	36°17'07''N 006°37'09''E	14L/32R 16R/34L	2316 2316	2400 3000	2400 3000	2460 3100	0.62 0.03	YES NON	45
GHARDAIA	GHA	32°22'54''N 003°47'58''E	12L/30R 18R/36L	1512 1512	10171 4593	10171 4593	10171 4593	0.61 0.50	YES NON	47
BECHAR	CBH	31°39'02''N 002°15'11''W	06L/24R 18R/36L	2661 2661	3335 3000	3335 3000	3335 3100	0.08 0.04	YES YES	35
BARCELONE	BCN	49°00'36''N 002°32'55''E	02/20 07L/25R 07R/25L	14	2528 3352 2660	2600 3412 2720	0	0.06 0.02 0	YES	27
PARIS	CDG	31°39'02''N 002°15'11''W	08L/26R 09R/27L	392 392	3665 2700 3630	3725 2760 3690	0	-0.19 -0.21 -0.12	YES	23
ROME	FCO	31°39'02''N 002°15'11''W	07L/25R 16L/34R 16C/34C	13	3307 3902 3602	3367 4102 3662	0 4302 0	-0.01 -0.06 -0.03	YES	24
LONDON HEATHROW	LHR	51°28'39'' N 000°27'41''W	09L/27R 09L/27R	83	3901 3660	3901 3660	0	0.02 -0.02	YES	22

### III.3.2 tableau des performances des aéronefs par étapes de vol :

#### III.3.2-a tableau de performance du CRJ 900 :

N°	Etape	Distance	Carburant	Temps (h:mn)
01	DABC-LIRF	533	2 348	01 : 33
02	LIRF-DABC	533	2 384	01 : 33
03	LEBL-DAOR	712	3 029	01 : 58
04	DAOR-LEBL	712	3 002	01 : 58
05	DAAG-LFPG	872	3 570	02 : 20
06	LFPG-DAAG	872	3 627	02 : 19
07	DAUG-LIRF	900	3 735	02 : 23
08	LIRF-DAUG	900	3 658	02 : 24
09	DAUG-LFPG	1 086	4 399	02 : 49
10	LFPG-DAUG	1 086	4 346	02 : 49
11	EGLL-DAOR	1 261	4 995	03 : 12
12	DAOR-EGLL	1 261	4 997	03 : 13

#### Constatation :

- Le CRJ 900 présente une vitesse de croisière plus favorable permettant des durées de vol réduites.
- Pour les exemples de simulation, avec une consommation carburant moyenne les charges transportées sont limitées ce qui réduit les distances franchissables.

**III.3.2-b tableau de performance du B737-600 :**

N°	Etape	Distance	Carburant	Temps (h:mn)
01	DABC-LIRF	494	6330	01 :12
02	LIRF-DABC	468	5645	01 :13
03	LEBL-DAOR	741	8190	01 :53
04	DAOR-LEBL	725	7159	01 :39
05	DAAG-LFPG	803	7564	01 :58
06	LFPG-DAAG	765	7414	01 :54
07	DAUG-LIRF	768	7621	01 :46
08	LIRF-DAUG	742	7550	01 :55
09	DAUG-LFPG	1 061	8788	02 :30
10	LFPG-DAUG	1 037	8792	02 :28
11	EGLL-DAOR	1 328	11230	03 :10
12	DAOR-EGLL	1 351	8579	03 :06

**Constatation :**

- Le B737-600 présente une masse au décollage nettement supérieur (le nombre de passagers transportés est 72 pax).
- Le temps de vol est important.
- Un emport carburant important permettant d'avoir rayon d'action plus étendu, sachant que pour les exemples de simulation et la comparaison, la consommation carburant est un élément défavorable.

### III.3.3 tableau des performances mensuelles des aéronefs par étapes de vol :

#### III.3.3.a tableau de performance du CRJ 900 :

N°	Etape	Distance	Carburant	Temps (h:mn)
01	DABC-LIRF	12 792	56 352	37 :12
02	LIRF-DABC	12 792	57 216	37 :12
03	LEBL-DAOR	17 088	72 696	47 :24
04	DAOR-LEBL	17 088	72 048	47 :24
05	DAAG-LFPG	20 928	85 680	56 :00
06	LFPG-DAAG	20 928	87 048	55 :36
07	DAUG-LIRF	21 600	89 640	57 :12
08	LIRF-DAUG	21 600	87 792	57 :36
09	DAUG-LFPG	26 064	105 576	67 :36
10	LFPG-DAUG	26 064	104 304	67 :36
11	EGLL-DAOR	30 264	119 880	76 :48
12	DAOR-EGLL	30 264	119 928	77 :12

Nombre des passagers transportés par étape de vol

1 728

**III.3.3.b tableau de performance de B737-600 :**

N°	Etape	Distance	Carburant	Temps (h:mn)
<b>01</b>	DABC-LIRF	11856	151920	28 :48
<b>02</b>	LIRF-DABC	11232	135480	29 :12
<b>03</b>	LEBL-DAOR	17784	196560	45 :12
<b>04</b>	DAOR-LEBL	17400	171816	39 :36
<b>05</b>	DAAG-LFPG	19272	181536	47 :12
<b>06</b>	LFPG-DAAG	18360	177936	45 :36
<b>07</b>	DAUG-LIRF	18432	182904	42 :24
<b>08</b>	LIRF-DAUG	17808	181200	46 :00
<b>09</b>	DAUG-LFPG	25464	210912	60 :00
<b>10</b>	LFPG-DAUG	24888	211008	59 :12
<b>11</b>	EGLL-DAOR	31872	269520	76 :00
<b>12</b>	DAOR-EGLL	32424	205896	74 :24

Nombre des passagers transportés par étape de vol
---

<b>1 728</b>
--------------

### III.3.4 tableau des performances des aéronefs par étapes de vol sur 05 ans :

#### III.3.4.a tableau de performance du CRJ 900 :

no	Etape	Distance	Carburant	Temps (h)
01	DABC-LIRF	767 520	3 381 120	2 232
02	LIRF-DABC	767 520	3 432 960	2 232
03	LEBL-DAOR	1 036 800	4 361 760	2 822
04	DAOR-LEBL	1 036 800	4 322 880	2 822
05	DAAG-LFPG	1 255 680	5 140 800	3 355
06	LFPG-DAAG	1 255 680	5 222 880	3 326
07	DAUG-LIRF	1 296 000	5 267 520	3 427
08	LIRF-DAUG	1 296 000	5 378 400	3 456
09	DAUG-LFPG	1 563 840	6 334 560	4 046
10	LFPG-DAUG	1 563 840	6 258 240	4 046
11	EGLL-DAOR	1 815 840	7 192 800	4 608
12	DAOR-EGLL	1 815 840	7 195 680	4 622
<b>Total :</b>			<b>63 489 600</b>	<b>40994</b>

Nombre des passagers transportés par étape de vol	<b>103680</b>
---	---------------

## III.3.4-b tableau de performance de B737-600 :

no	Etape	Distance	Carburant	Temps (h)
01	DABC-LIRF	711 360	9115200	1728
02	LIRF-DABC	673 920	8128800	1742
03	LEBL-DAOR	1 067 040	11793600	2606
04	DAOR-LEBL	1 044 000	10308960	2376
05	DAAG-LFPG	1 156 320	10892160	2822
06	LFPG-DAAG	1 101 600	10676160	2736
07	DAUG-LIRF	1 105 920	10974240	2534
08	LIRF-DAUG	1 068 480	10872000	2750
09	DAUG-LFPG	1 527 840	12654720	3600
10	LFPG-DAUG	1 493 280	12660480	3542
11	EGLL-DAOR	1 912 320	16171200	4550
12	DAOR-EGLL	1 945 440	12353760	4464
<b>Total :</b>			<b>36601280</b>	<b>35450</b>

Nombre des passagers transportés par étape de vol	<b>103680</b>
---	---------------

**Conclusion :**

En comparant les trois éléments les plus importants dans cette partie, qui sont le temps de vol, la consommation carburant et le nombre de passagers transportés sur une période de 05 ans, on constate que :

**► Le temps de vol :**

Pour le CRJ 900 le temps de vol est très réduit par rapport au B737-600 et cela est dû à sa vitesse de croisière élevée.

**► La consommation carburant :**

Un temps de vol réduit correspond à une consommation carburant réduite; d'après les résultats obtenus, on constate que la consommation du CRJ 900 est nettement plus inférieure à celle du B737-600.

**► Le nombre de passagers transportés :**

Dans notre étude du décollage on a choisi l'égalité de nombre des passagers et cela pour une meilleure comparaison ; malgré que nous sachions que le nombre du siège pour B737-600 est légèrement supérieur à celle du CRJ 900.

De ce fait, arrivé à cette étape de calcul de ces trois paramètres, il nous est difficile d'affirmer lequel de ces deux avions est meilleur en matière d'exploitation pour le réseau choisi.

# *Chapitre IV*

## Introduction :

Le plus important en exploitation, est de réaliser des vols économiques pour assurer un bénéfice, mais le problème réside dans la détermination précise des coûts d'exploitation.

Pour comparer et choisir les avions qu'ils se proposent d'acquérir, une compagnie aérienne doit tenir compte des coûts opérationnels induits par l'achat et l'exploitation directe d'un avion sur une ou plusieurs étapes.

Avant tout investissement, l'étude des coûts opérationnels des avions permet aux transporteurs aériens d'évaluer sa productivité et de développer sa politique tarifaire.

Etant données que le coût total d'exploitation d'un avion est la somme de toutes les dépenses nécessaires pour que le vol ait lieu, faire le bon choix d'avion, minimiser les dépenses, adopter un entretien économique en prenant en compte toutes les contraintes liées à la sécurité aérienne sont la meilleure méthode de gestion d'une compagnie aérienne.

### IV.1 Le Coût direct :

#### IV.1.1 Coût PN :

Le coût PN est le salaire des PNT et PNC mensuel, calculé à partir du nombre d'heure de vol par mois puis sur la période de 05 ans.

Quelle que soit le type d'aéronefs le salaire des PNC est le même et fixé par l'administration donc le coût PN correspond au coût PNT

$$\text{Coût PN} = \text{Temps de vol} * \text{Le prix}$$

A/C	PRIX/HDV	Salaire équipage à 2 PNT
CRJ 900	45 \$ / h	3689460 \$
B737-600	67 \$ / h	4750300 \$

### IV.1.2 Coût Carburant:

Ce coût est lié à la consommation carburant des deux avions sur le réseau proposé sur une période de 05 ANS.

$$\text{Coût carburant} = \text{Quantités de Carburant} * \text{Le prix}$$

#### Note :

Vu que on choisi un réseau international cela engendre la différence du prix pour chaque escale.

1HL → 100L

Densité du carburant : 0.803 kg/l

1hl → 80.3 kg

1\$ → 72 DZD

1€ → 102 DZD

L'Algérie (vol international) : 6052.73 DZD/HL → 1.042 \$/KG

CDG : 6255.37 DZD/HL → 1.083 \$/KG

LHR : 6162.55 DZD/HL → 1.069 \$/KG

BCN : 6251.58 DZD/HL → 1.083 \$/KG

FCO : 6767.85 DZD/HL → 1.167 \$/KG

- pour le CRJ900 sur la période de 5ANS :

no	Etape	PRIX	Carburant	Cout
01	DABC-LIRF	1 042 \$/KG	3 381 120	352 312 704
02	LIRF-DABC	1 167 \$/KG	3 432 960	400 626 432
03	LEBL-DAOR	1 083 \$/KG	4 361 760	472 378 608
04	DAOR-LEBL	1 042 \$/KG	4 322 880	450 444 096
05	DAAG-LFPG	1 042 \$/KG	5 140 800	535 671 36
06	LFPG-DAAG	1 083 \$/KG	5 222 880	565 637 904
07	DAUG-LIRF	1 042 \$/KG	5 378 400	560 429 28
08	LIRF-DAUG	1 167 \$/KG	5 267 520	614 719 584
09	DAUG-LFPG	1 042 \$/KG	6 334 560	660 061 152
10	LFPG-DAUG	1 083 \$/KG	6 258 240	677 767 392
11	EGLL-DAOR	1 069 \$/KG	7 192 800	768 910 32
12	DAOR-EGLL	1 042 \$/KG	7 195 680	749 789 856
<b>Total :</b>			<b>63 489 600</b>	<b>680 874 8688</b>

- Pour le B737-600 sur la période de 5ANS :

no	Etape	PRIX	Carburant	cout
01	DABC-LIRF	1 042 \$/KG	911 5200	949 803 84
02	LIRF-DABC	1 167 \$/KG	812 8800	948 630 96
03	LEBL-DAOR	1 083 \$/KG	117 936 00	127 724 688
04	DAOR-LEBL	1 042 \$/KG	103 089 60	107 419 363
05	DAAG-LFPG	1 042 \$/KG	108 921 60	113 496 307
06	LFPG-DAAG	1 083 \$/KG	106 761 60	115 622 813
07	DAUG-LIRF	1 042 \$/KG	109 742 40	114 351 581
08	LIRF-DAUG	1 167 \$/KG	108 720 00	126 876 24
09	DAUG-LFPG	1 042 \$/KG	126 547 20	131 862 182
10	LFPG-DAUG	1 083 \$/KG	126 604 80	137 112 998
11	EGLL-DAOR	1 069 \$/KG	16171200	172 870 128
12	DAOR-EGLL	1 042 \$/KG	12353760	128 726 179
<b>Total :</b>			<b>136 601 280</b>	<b>146 590 596</b>

A/C	PRIX CARBURANT
<b>CRJ 900</b>	<b>680 874 86.88</b>
<b>B737-600</b>	<b>146 590 596</b>

### IV.1.3 Coût direct :

**Coût direct= coût PN + coût carburant**

#### IV.1.3.1 Coût direct de chaque aéronef :

❖ *POUR LE CRJ 900 :*

N°	Etape	Coût Carburant (\$)	Coût PNT (\$)	Coût Direct (\$)
<b>01</b>	DABC-LIRF	352 3127.04	200 880	372 4007,04
<b>02</b>	LIRF-DABC	400 6264.32	200 880	420 7144,32
<b>03</b>	LEBL-DAOR	472 3786.08	253 980	497 7766,08
<b>04</b>	DAOR-LEBL	450 4440.96	253 980	475 8420,96
<b>05</b>	DAAG-LFPG	535 6713.6	301 950	565 8663,6
<b>06</b>	LFPG-DAAG	565 6379.04	299 340	595 5719,04
<b>07</b>	DAUG-LIRF	560 4292.8	308 430	591 2722.8
<b>08</b>	LIRF-DAUG	614 7195.84	311 040	645 8235.84
<b>09</b>	DAUG-LFPG	660 0611.52	364 140	696 4751,52
<b>10</b>	LFPG-DAUG	677 7673.92	364 140	714 1813,92
<b>11</b>	EGLL-DAOR	768 9103.2	414 720	810 3823,2
<b>12</b>	DAOR-EGLL	7497898.56	415 980	7913878,56
	<b>Total :</b>	<b>680 874 86.88</b>	<b>368 9460</b>	<b>717 769 46. 88</b>

## ❖ POUR LE B737-600 :

N°	Etape	Coût Carburant (\$)	Coût PNT (\$)	Coût Direct (\$)
01	DABC-LIRF	949 8038.4	231 552	9729590,4
02	LIRF-DABC	948 6309.6	233 428	9719737,6
03	LEBL-DAOR	127 724 68.8	349 204	13121672,8
04	DAOR-LEBL	107 419 36.3	318 384	11060320,3
05	DAAG-LFPG	113 496 30.7	378 148	11727778,7
06	LFPG-DAAG	115 62281.3	366 624	11928905,3
07	DAUG-LIRF	114 351 58.1	339 556	11774714,1
08	LIRF-DAUG	126 87624	368 500	13056124
09	DAUG-LFPG	131 86218.2	482 400	13668618,2
10	LFPG-DAUG	137 112 99.8	474 628	14185927,8
11	EGLL-DAOR	172 87012.8	609 700	17896712,8
12	DAOR-EGLL	128 72617.9	598 176	13470793,9
<b>Total :</b>		<b>146 590 596</b>	<b>475 0300</b>	<b>151 340 896</b>

Les coûts directs des deux aéronefs :

A/C	Coût Carburant (\$)	Coût PNT (\$)	Coût Direct (\$)
<b>CRJ 900</b>	<b>68087486.88</b>	<b>3689460</b>	<b>71776946.88</b>
<b>B737-600</b>	<b>146590596</b>	<b>4750300</b>	<b>151340896</b>

## IV.2 le coût indirect :

Le coût indirect est la somme des coûts suivants :

- prix de revient de l'avion.
- coût de maintenance.
- les redevances (redevance de survol, d'usage des installations et services de navigation aérienne de route et à l'approche, d'atterrissage des aéronefs, d'usage des dispositifs d'éclairage, d'usages des installations pour la réception des passagers et marchandises, de stationnement, d'abri des aéronefs, d'occupation des terrains et immeubles.
- les assurances.
- frais divers (Catering, groupe de parc, assistance de l'avion...).

### IV.2.1 Prix de référence des avions (prix d'achat) :

Le prix de référence de chaque aéronef est la somme des prix suivant :

**A** : prix de l'avion selon la configuration proposée par le constructeur.

**B** : prix de l'équipement supplémentaire installé.

**C** : prix des biens et services proposés.

$$\text{Prix de référence} = A+B+C$$

- Le prix de référence du CRJ 900 : **35 500 000 \$.**
- Le prix de référence du B737-600 : **51 400 000 \$.**

## IV.2.2 coût de maintenance :

### IV.2.2.1 Définitions :

#### ❖ Coût d'entretien requis pour une exploitation sur 05 ans:

C'est le coût d'entretien engendré par une exploitation sur une période calendaire de cinq (05) ans ou sur la base de production horaire du programme d'exploitation (HDV).

Ce coût engendre le coût des visites ainsi que les charges de main d'œuvre requis.

#### ❖ Prix des équipements a limite de vie pour une exploitation SUR 05 ans :

Cette liste inclut le prix des équipements à limite de vie qui doivent être remplacés sur une période calendaire de cinq (05) ans ou sur la base de la production horaire du programme d'exploitation de la compagnie.

#### ❖ Prix Des équipements concernent par une révision générale sur 05 ans :

Cette liste inclut les prix des révisions générales des équipements des avions sur une période calendaire de cinq (05) ans ou sur la base de la production horaire du programme d'exploitation.

### IV.2.2.2 coût de maintenance du CRJ 900 sur 05 ans :

**Coût de maintenance = 24 465 612 \$**

### IV.2.2.3 coût de maintenance B737-600 sur 05 ans :

**Coût de maintenance = 28 606 303 \$**

### **IV.2.3 les redevances d'aérodrome et service de la navigation aérienne:**

La redevance est due par la personne qui exploite l'aéronef au moment où le vol a eu lieu, du moment où l'exploitant n'est pas connu, le propriétaire de l'aéronef, est réputé être l'exploitant jusqu'à ce qu'il ait établi une autre personne ayant cette qualité, à défaut pour l'exploitant de faire la déclaration et /ou les amendements de sa flotte, le coefficient poids pris pour paramètre dans la facturation pour chaque aéronef d'un même type utilisé par cet exploitant établi sur la base de la masse maxi au décollage (MTOW) de la version la plus lourde de ce type.

À défaut de paiement dans les délais prescrits par le règlement financier le gouvernement est poursuivi par le service chargé du règlement de l'établissement dans les conditions et les règles commerciales en vigueur et/ou au vu d'un ordre exécutoire du tribunal compétent.

Les redevances sont dues pour :

#### **1- redevance de navigation aérienne :**

- usage des installations et services de navigation aérienne de route et d'approche
- atterrissage des aéronefs
- usage des dispositifs d'éclairage.

#### **2- Redevance aéroportuaire :**

- usages des installations pour la réception des passagers et marchandises.
- stationnement.
- abri des aéronefs.
- occupation des terrains et immeubles.

### IV.2.3.1 définition :

#### A. redevance de survols :

La Redevance d'usage des installations et services de navigation aérienne de route est due pour tout vol effectué à l'intérieur de la région d'information de vol relevant de la compétence de l'Algérie, la redevance est due, en principe, par l'exploitant de l'aéronef. A défaut d'exploitation, le propriétaire de l'aéronef en est redevable, jusqu'à ce qu'il ait établie qu'une autre personne a cette qualité, la redevance est due pour chaque vol quelle que soient les règles de vol (IFR, VFR), le lieu de départ et le lieu de destination.

#### La Redevance d'usage des installations et services de navigation aérienne de route :

##### LA FIR ALGERIE : (vol international)

$$= [\text{Distance (Km)} / 100] * \text{Racine} [\text{Poids (Tonne)} / 50] * 34.19 \$$$

##### LA FIR EUROCONTROL :

$$= [\text{Distance (Km)} / 100] * \text{Racine} [\text{Poids (Tonne)} / 50] * 92.23 \$$$

- MTOW B737-600 = 65090KG.
- MTOW CRJ900 = 36514 KG.
- VOIR LE FICHIER
- 1\$ → 72DZD
- 1€ → 02DZD
- 1NM → 1.852 KM

## IV.3.a tableau de performance du CRJ 900 journalier:

no	Etape	FIR ALG	FIR EURO	Cout
01	DABC-LIRF	141	392	648 491 2344
02	LIRF-DABC	149	384	641 142 6605
03	LEBL-DAOR	406	306	666 352 5803
04	DAOR-LEBL	242	470	816 998 3462
05	DAAG-LFPG	122	750	116 077 5878
06	LFPG-DAAG	96	776	118 465 8744
07	DAUG-LIRF	477	423	875 553 9712
08	LIRF-DAUG	495	405	859 019 6798
09	DAUG-LFPG	413	673	120 584 3186
10	LFPG-DAUG	380	706	123 615 6053
11	EGLL-DAOR	404	857	146 955 4466
12	DAOR-EGLL	391	870	148 149 5899
<b>Total :</b>				<b>122460427</b>

## IV.3.b tableau de performance de B737-600 journalier :

no	Etape	FIR ALG	FIR EURO	Cout
01	DABC-LIRF	131	363	802 085 6978
02	LIRF-DABC	131	337	751 414 793
03	LEBL-DAOR	423	318	925 3435963
04	DAOR-LEBL	246	479	111 123 8482
05	DAAG-LFPG	113	690	142 636 5539
06	LFPG-DAAG	85	680	138 664 7924
07	DAUG-LIRF	405	363	100 003 9007
08	LIRF-DAUG	405	337	949 368 1024
09	DAUG-LFPG	407	654	156 860 828
10	LFPG-DAUG	358	679	158 192 9895
11	EGLL-DAOR	423	905	206 933 6718
12	DAOR-EGLL	423	928	211 416 098
<b>Total :</b>				<b>156 865 3901</b>

## IV.3.1 tableau de performance du CRJ 900 sur la période de 05 ans:

no	Etape	FIR ALG	FIR EURO	Cout
01	DABC-LIRF	203 040	564 480	933 827 3776
02	LIRF-DABC	214 560	552 960	923 245 4311
03	LEBL-DAOR	584 640	440 640	959 547 7156
04	DAOR-LEBL	348 480	676 800	117 647 7618
05	DAAG-LFPG	175 680	108 0000	167 151 7265
06	LFPG-DAAG	138 240	111 7440	170 590 8591
07	DAUG-LIRF	686 880	609 120	126 079 7719
08	LIRF-DAUG	712 800	583 200	123 698 8339
09	DAUG-LFPG	594 720	969 120	173 641 4188
10	LFPG-DAUG	547 200	101 6640	178 006 4717
11	EGLL-DAOR	581 760	123 4080	211 615 8431
12	DAOR-EGLL	563 040	125 2800	213 335 4095
<b>Total :</b>				<b>176 343 0149</b>

## IV.3.2 tableau de performance de B737-600 sur la période de 05 ans :

no	Etape	FIR ALG	FIR EURO	Cout
01	DABC-LIRF	188 640	522 720	115 500 3405
02	LIRF-DABC	188 640	485 280	108 203 7302
03	LEBL-DAOR	609 120	457 920	133 249 4779
04	DAOR-LEBL	354 240	689 760	160 018 3414
05	DAAG-LFPG	162 720	993 600	205 396 6375
06	LFPG-DAAG	122 400	979 200	199 677 301
07	DAUG-LIRF	583 200	522 720	144 005 6171
08	LIRF-DAUG	583 200	485 280	136 709 0068
09	DAUG-LFPG	586 080	941 760	225 879 5924
10	LFPG-DAUG	515 520	977 760	227 797 9049
11	EGLL-DAOR	609 120	130 3200	297 984 4873
12	DAOR-EGLL	609 120	133 6320	304 439 1811
<b>Total :</b>				<b>225 886 1618</b>

**B. redevance d'atterrissage :**

La redevance d'atterrissage est due dans les conditions et sous les réserves fixées ci-après par tout aéronef qui effectue un atterrissage sur un aéroport ouvert à la circulation aérienne publique (C.A.P).

La redevance d'atterrissage est calculée d'après le poids maximum au décollage porté sur le certificat de navigabilité de l'aéronef arrondi à la tonne supérieure.

Le poids (t)	Tarif (\$)	Le poids (t)	Tarif (\$)
	International Algérie		Europe
Jusqu'à 12	17.62	Jusqu'à 6	234.51
De 13 à 25	17.62 + 1.53 / tonnes supplémentaire.	De 6 à 40	234.51
De 26 à 50	37.53 + 3.20 / tonnes supplémentaire.	Au dessus de 40	234.51+ 8 / tonnes supplémentaire
De 51 à 75	117.61 + 3.42 / tonnes supplémentaire.		
Au dessus de 75	203.24 + 4.97 / tonnes supplémentaire		

## IV.3.3 tableau de performance du CRJ 900:

no	Etape	MTOW kg	Cout journalier	Cout (5ans)
01	DABC-LIRF	365 14	23451	337 6944
02	LIRF-DABC	365 14	71 1748	102 491 712
03	LEBL-DAOR	365 14	71 1748	102 491 712
04	DAOR-LEBL	365 14	234 51	337 694 4
05	DAAG-LFPG	365 14	234 51	337 694 4
06	LFPG-DAAG	365 14	71 1748	102 491 712
07	DAUG-LIRF	365 14	23 451	337 6944
08	LIRF-DAUG	365 14	71 1748	102 491 712
09	DAUG-LFPG	365 14	234 51	337 6944
10	LFPG-DAUG	365 14	71 1748	102 491 712
11	EGLL-DAOR	365 14	71 1748	102 491 712
12	DAOR-EGLL	365 14	234 51	337 6944
<b>Total :</b>			<b>264 111 667</b>	

## IV.3.4 tableau de performance de B737-600 :

no	Etape	MTOW kg	Cout journalier	Cout (5ans)
01	DABC-LIRF	650 90	435 23	626 7312
02	LIRF-DABC	650 90	165 7978	238 748 832
03	LEBL-DAOR	650 90	165 7978	238 748 832
04	DAOR-LEBL	650 90	435 23	626 7312
05	DAAG-LFPG	650 90	435 23	626 7312
06	LFPG-DAAG	650 90	165 7978	238 748 832
07	DAUG-LIRF	650 90	435 23	626 7312
08	LIRF-DAUG	650 90	165 7978	238 748 832
09	DAUG-LFPG	650 90	435 23	626 7312
10	LFPG-DAUG	650 90	1657978	238 748 83 2
11	EGLL-DAOR	650 90	165 7978	238 748 832
12	DAOR-EGLL	650 90	435 23	626 7312
<b>Total :</b>			<b>519 288 019</b>	

### C. redevance d'usage des dispositions d'éclairage :

La redevance d'usage des disposition d'éclairage, est due par tout aéronef qui effectue un envol ou un atterrissage sur un aérodrome ouvert a la circulation aérienne publique, dont le balisage a été allumé de nuit (30 min après le coucher, 30 min après le lever du soleil), ou par mauvaise visibilité ; soit à la demande du commandant de l'aéronef soit pour des raisons de sécurité sur l'ordre de l'autorité responsable de la circulation aérienne.

### D. redevance passagers :

La redevance à l'usage des installations aménagées pour la réception des passagers /marchandises, est due pour l'utilisation des ouvrages et locaux d'usage commun servant à l'embarquement, au débarquement et à l'accueil des passagers et au chargement et déchargement des marchandises. Elle est due, pour tout passager voyageant sur un aéronef exploité à des fins commerciales.

#### La Redevance passager :

🚦 Nombre de Passagers \* 12.5 \$ (Pour Algérie).

🚦 Nombre de Passagers\*30.19 \$ (pour Europe).

#### IV.3.5 tableau de performance du CRJ 900:

no	Etape	pax	Pax (5 ans)	Cout (5ans)
01	DABC-LIRF	72	103 680	129 6000
02	LIRF-DABC	72	103 680	313 009 92
03	LEBL-DAOR	72	103 680	313 009 92
04	DAOR-LEBL	72	103 680	129 6000
05	DAAG-LFPG	72	103 680	129 6000
06	LFPG-DAAG	72	103 680	313 009 92
07	DAUG-LIRF	72	103 680	129 6000
08	LIRF-DAUG	72	103 680	313 009 92
09	DAUG-LFPG	72	103 680	129 6000
10	LFPG-DAUG	72	103 680	313 009 92
11	EGLL-DAOR	72	103 680	313 009 92
12	DAOR-EGLL	72	103 680	129 6000
<b>Total :</b>				<b>265 565 952</b>

## IV.3.6 tableau de performance de B737-600 :

no	Etape	pax	pax (5ans)	Cout (5ans)
01	DABC-LIRF	72	103 680	129 6000
02	LIRF-DABC	72	103 680	313 009 92
03	LEBL-DAOR	72	103 680	313 009 92
04	DAOR-LEBL	72	103 680	129 6000
05	DAAG-LFPG	72	103 680	129 6000
06	LFPG-DAAG	72	103 680	313 009 92
07	DAUG-LIRF	72	103 680	129 6000
08	LIRF-DAUG	72	103 680	313 009 92
09	DAUG-LFPG	72	103 680	129 6000
10	LFPG-DAUG	72	103 680	313 009 92
11	EGLL-DAOR	72	103 680	313 009 92
12	DAOR-EGLL	72	103 680	129 6000
<b>Total :</b>				<b>265 565 952</b>

## E. redevances de stationnement :

Elles sont dotées d'équipements divers, d'importance plus ou moins développée. Elles peuvent être classées en redevances pour stationnement, ainsi elles sont dues dans les conditions fixées ci-après pour tout aéronef qui stationne sur des zones (aires) de stationnement non couvertes destinées à cet usage et situées dans l'emprise d'un aéroport ouvert à la circulation aérienne publique. Les surfaces destinées au stationnement sont constituées, soit par des terres-pleines revêtues soit par des terrains aménagés. Elles peuvent être des :

- Aires de trafic.
- Aires de garage.
- Aires d'entretien.

Dans le cas de notre étude cette redevance est considérée fixe pour le manque de données (temps et la période de stationnement) et qui n'influe pas sur les calculs de comparaison.

**F. redevance d'abri :**

La redevance d'abri est due par tous les aéronefs placés sous un abri couvert se trouvant dans l'emprise de l'aérodrome.

Dans le cas de notre étude cette redevance est considérée fixe pour le manque de données (temps et la période d'abri) et qui n'influe pas sur les calculs de comparaison.

**G. redevance pour occupation des terrains et d'immeuble :**

Sur tous les aérodromes ouverts à la circulation aérienne publique, l'occupation de terrains et d'immeuble par une entreprise de distribution de carburant pour aéronefs donne lieu au paiement d'une redevance.

On n'est pas concerné par cette redevance.

## IV.4 résumé total redevance :

## A. tableau des redevances par types d'aéronefs pour chaque ligne :

## ❖ POUR LE CRJ 900 :

N°	Etape	Redevance survol (\$)	Redevance D'Atterrissage (\$)	Redevance Passagers (\$)
01	DABC-LIRF	933 827 378	337 6944	129 6000
02	LIRF-DABC	923 245 431	102 4917	313 009 92
03	LEBL-DAOR	959 547 716	102 4917	313 009 92
04	DAOR-LEBL	117 647 762	337 6944	129 6000
05	DAAG-LFPG	167 151 727	337 6944	129 6000
06	LFPG-DAAG	170 590 859	102 4917	313 009 92
07	DAUG-LIRF	126 079 772	337 6944	129 6000
08	LIRF-DAUG	123 698 834	102 4917	313 009 92
09	DAUG-LFPG	173 641 419	337 6944	129 6000
10	LFPG-DAUG	178 006 472	102 4917	313 009 92
11	EGLL-DAOR	211 615 843	102 4917	313 009 92
12	DAOR-EGLL	213 33 5409	337 6944	129 6000
<b>Total :</b>		176 343 015	264 111 667	<b>265 565 952</b>
<b>totaux</b>				<b>706020634</b>

❖ **POUR LE B737-600 :**

N°	Etape	Redevance survol (\$)	Redevance D'Atterrissage (\$)	Redevance Passagers (\$)
01	DABC-LIRF	115 500 34	626 7312	129 6000
02	LIRF-DABC	108 203 73	238 7488	313 009 92
03	LEBL-DAOR	133 249 478	238 7488	313 009 92
04	DAOR-LEBL	160 018 341	626 7312	129 6000
05	DAAG-LFPG	205 396 638	626 7312	129 6000
06	LFPG-DAAG	199 677 301	238 7488	313 009 92
07	DAUG-LIRF	144 005 617	626 7312	129 6000
08	LIRF-DAUG	136 709 007	238 7488	313 009 92
09	DAUG-LFPG	225 879 592	626 7312	129 6000
10	LFPG-DAUG	227 797 905	238 7488	313 009 92
11	EGLL-DAOR	297 984 487	238 7488	313 009 92
12	DAOR-EGLL	304 439 181	626 7312	129 6000
<b>Total :</b>		225 886 162	519 288 019	<b>265 565 952</b>
<b>totaux</b>				<b>1010740133</b>

**B. tableau récapitulatif :****REDEVENCE DE SURVOLS :**

A/C	Redevance survol (\$)
<b>CRJ 900</b>	<b>176 343 015</b>
<b>B737-600</b>	<b>225 886 162</b>

❖ **REDEVANCE D'ATTERRISSAGE :**

A/C	Redevance D'Atterrissage (\$)
<b>CRJ 900</b>	<b>264 111 667</b>
<b>B737-600</b>	<b>519 288 019</b>

❖ **REDEVANCE PASSAGERS :**

A/C	Redevance Passagers (\$)
<b>CRJ 900</b>	<b>265 565 952</b>
<b>B737-600</b>	<b>265 565 952</b>

❖ **TABLEAU GENERAL DES REDEVANCES :**

A/C	Redevance Totale (\$)
<b>CRJ 900</b>	<b>706020634</b>
<b>B737-600</b>	<b>1010740133</b>

**IV.5 les assurances :**

Les transporteurs aériens doivent avoir souscrit des polices d'assurance couvrant leur responsabilité civile en cas d'accidents, notamment à l'égard des passagers, des bagages, du fret, du courrier et des tiers.

L'assurance inclus tous les risques de pertes ou dommages étant en vol, qu'en circulation ou stationnement au sol.

L'assurance responsabilité civile combinée à l'égard :

- des tiers non passagers.
- des passagers transportés.
- du fret, marchandise et postes transportés.
- responsabilité civile générale.

**IV.5.1 Assurance risque ordinaire (A1) :**

La valeur de l'assurance risque ordinaire est calculée avec la formule suivante :

$$\mathbf{A1 = 0.006 \text{ de } 90\% \text{ du prix d'achat de l'aéronef} + 0.005 \text{ des } 10\% \text{ du prix de l'aéronef restant} + 30 \$ \text{ (police assurance + timbre).}$$

### IV.5.2 Assurance risque de guerre et assimilés (A2) :

Cette assurance est calculée de la manière suivante :

$$A2 = 0.0015 \text{ de } 90\% \text{ du prix d'achat de l'aéronef} + 0.004 / 10\% \text{ du prix de l'aéronef restant} + 30\$(\text{police assurance} + \text{timbre}).$$

### IV.5.3 Assurance des aéronefs :

L'assurance de chaque avion par ans est égale à la somme des deux assurances présentées en IV-2-4-1 et IV-2-4-2.

$$L'ASSURANCE = \text{Assurance RISQUE ORDINAIRE (A1)} + \text{Assurance RISQUE de guerre et assimilés (A2)}$$

#### ❖ ASSURANCE POUR CRJ 900 :

$$A1 = 209\,480 \$$$

$$A2 = 62\,155 \$$$

$$\text{ASSURANCE TOTALE CRJ 900} = A1 + A2 = 271\,635 \$$$

#### ❖ ASSURANCE POUR B737-600 :

$$A1 = 303\,290 \$$$

$$A2 = 89\,980 \$$$

$$\text{ASSURANCE TOTALE B737-600} = A1 + A2 = 393\,270 \$$$

❖ **ASSURANCE DES DEUX AERONEFS SUR CINQ (05) ANS :**

A/C	Assurance/ Ans (\$)	Assurance /05 ans
<b>CRJ 900</b>	<b>271 635</b>	<b>135 8175</b>
<b>B737-600</b>	<b>393 270</b>	<b>196 6350</b>

**IV.6 les coûts divers :**

Ces coûts représentent les coûts administratifs, frais au sol, Catering et frais de marketing.

Dans notre étude, les coûts divers ne sont pas pris en considération lors des calculs parce qu'ils sont indépendants du type d'aéronef.

**Tableau récapitulatif des coûts indirects des deux aéronefs :**

A/C	Prix De Référence (\$)	Coût Maintenance (\$)	Redevance (\$)	Assurance (\$)	Coût Indirect (\$)
<b>CRJ 900</b>	<b>355 00000</b>	<b>244 656 12</b>	<b>706020634</b>	<b>135 8175</b>	<b>108 1558 004</b>
<b>B737-600</b>	<b>514 00000</b>	<b>286 063 03</b>	<b>1010740133</b>	<b>196 6350</b>	<b>136 310 7446</b>

**IV.6.1 le coût d'exploitation :****Le coût total d'exploitation**

Le coût d'exploitation est la somme des coûts directs et des coûts indirects (Coût Direct + Coût Indirect).

Ce coût est calculé pour une période de 05 ans :

A/C	Coût Direct (\$)	Coût Indirect (\$)	Coût D'exploitation (\$)
<b>CRJ 900</b>	<b>71776946.88</b>	<b>108 155 8004</b>	<b>1153334951</b>
<b>B737-600</b>	<b>151340896</b>	<b>136 310 7446</b>	<b>1514448342</b>

#### IV.7 le coefficient d'exploitation :

Le coût d'exploitation calculé ci-dessus correspond au nombre de passagers transporté sur la même période, en calculant le coefficient d'exploitation qui est égale au coût d'exploitation sur le nombre de passagers transporté, la plus petite valeur trouvée correspond au meilleur avions, donc ce coefficient nous permet de choisir l'aéronef le plus rentable :

$$\text{Coefficient d'exploitation} = \text{Coût d'Exploitation} / \text{Nombre de passagers transporté.}$$

<b>Si le Coût d'Exploitation augmente</b>	<b>Et le Nombre de passagers transporté diminue</b>	<b>Coefficient d'exploitation augmente</b>
<b>Si le Coût d'Exploitation diminue</b>	<b>Et le Nombre de passagers transporté augmente</b>	<b>Coefficient d'exploitation diminue</b>

Le meilleur scénario est le 2<sup>ème</sup> cas: un coût d'exploitation petit correspondant à un nombre important de passagers transporté.

Le tableau suivant illustre le coefficient d'exploitation de chaque avion en regroupant les deux éléments les plus importants dans cette étude : le coût d'exploitation et les passagers transportés pour le réseau choisi :

A/C	Coût D'xploitation (\$)	Nombre Passagers	Coefficient d'exploitation
CRJ 900	1153334951	103 680	173 546
B737-600	1514448342	103 680	277 442

**Analyse des résultats :**

En comparant les résultats obtenus, on remarque que le coefficient d'exploitation du CRJ 900 est légèrement inférieur à celui du B737-600, et cela est dû à un coût d'exploitation largement inférieur à celui du Boeing et un nombre de passagers approximativement proche de ce dernier

**Remarque :**

Dans notre étude, on s'est intéressé principalement aux deux éléments les plus importants pour l'exploitation des deux aéronefs (CRJ 900 du BOMBARDIER et le B737-600 du BOEING) à savoir :

- ❖ Le coût d'exploitation.
- ❖ Le nombre de passager transporté.

En pratique pour choisir un aéronef, en plus de l'étude des coûts d'exploitations que nous avons effectuée, on doit prendre en considération d'autres facteurs qui jouent un rôle primordial dans ce choix ; tel que :

La flotte dans laquelle l'aéronef sera intégré, car cela diminuera considérablement ses dépenses en matière d'exploitation (gain sur les coûts de maintenances, qualification personnel, formation...etc.).

# CONCLUSION

A l'issue de ce modeste travail, nous pouvons dire que nous avons atteint le but recherché ; considéré à leur juste valeur les performances des deux aéronefs le **CRJ 900** et le **B737-600**.

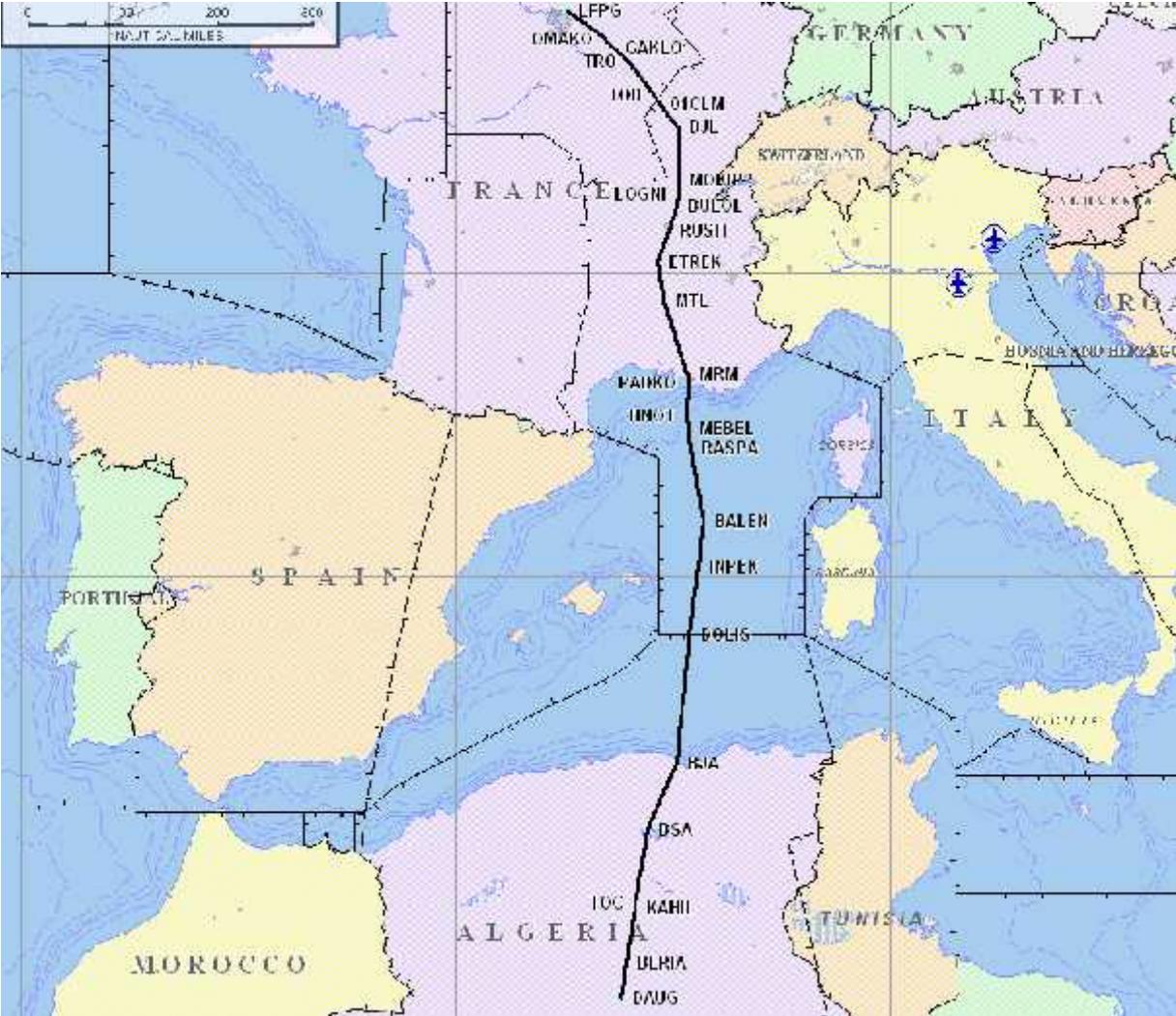
L'étude de ces performances basées sur la mesure de la consommation carburant, le temps de vol et le nombre de passagers transporté avec une optimisation de la masse au décollage, afin d'assurer une charge offerte maximale.

L'intérêt principal de cette étude de performance est de permettre d'avoir un impact économique sur le choix d'achat d'avion qui doit tenir compte du coût d'exploitation qui se révèle impératif et doit avoir la plus grande part d'importance dans la décision finale.

Finalement nous avons conclu que pour pouvoir affirmer lors de tout doute que l'un des deux aéronefs est plus économique et rentable il convient de prendre en considération la flotte dans laquelle l'aéronef choisi va s'intégrer.

Nous espérons que nous avons prodigué assez de données afin d'exhorter les futures ingénieurs à poursuivre ce travail pour des améliorations qui feront l'objet d'un nouveau sujet.

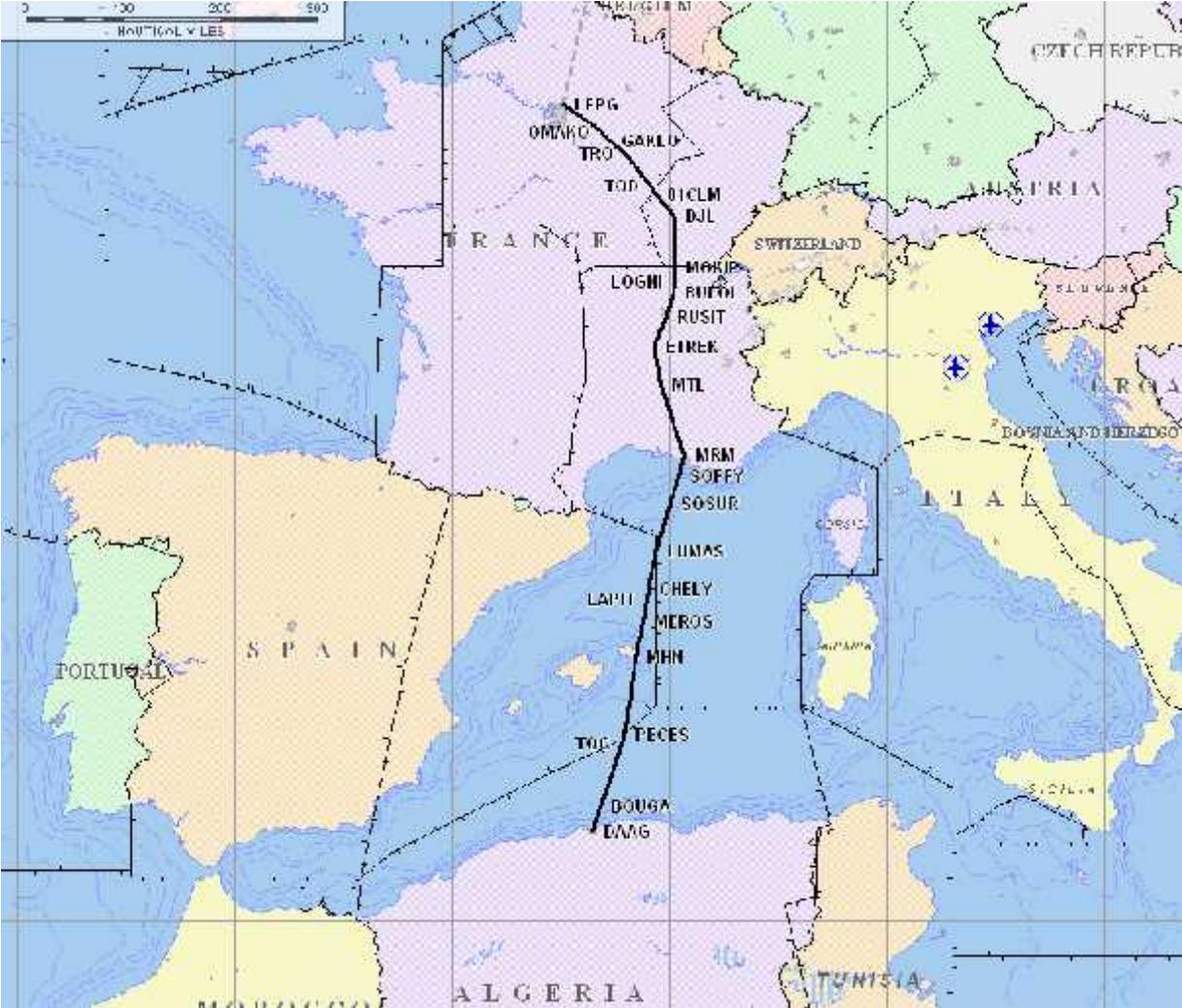
DAUG LPPG



LFPG-DAUG



DAAG-LFPG



LFPG-DAAG

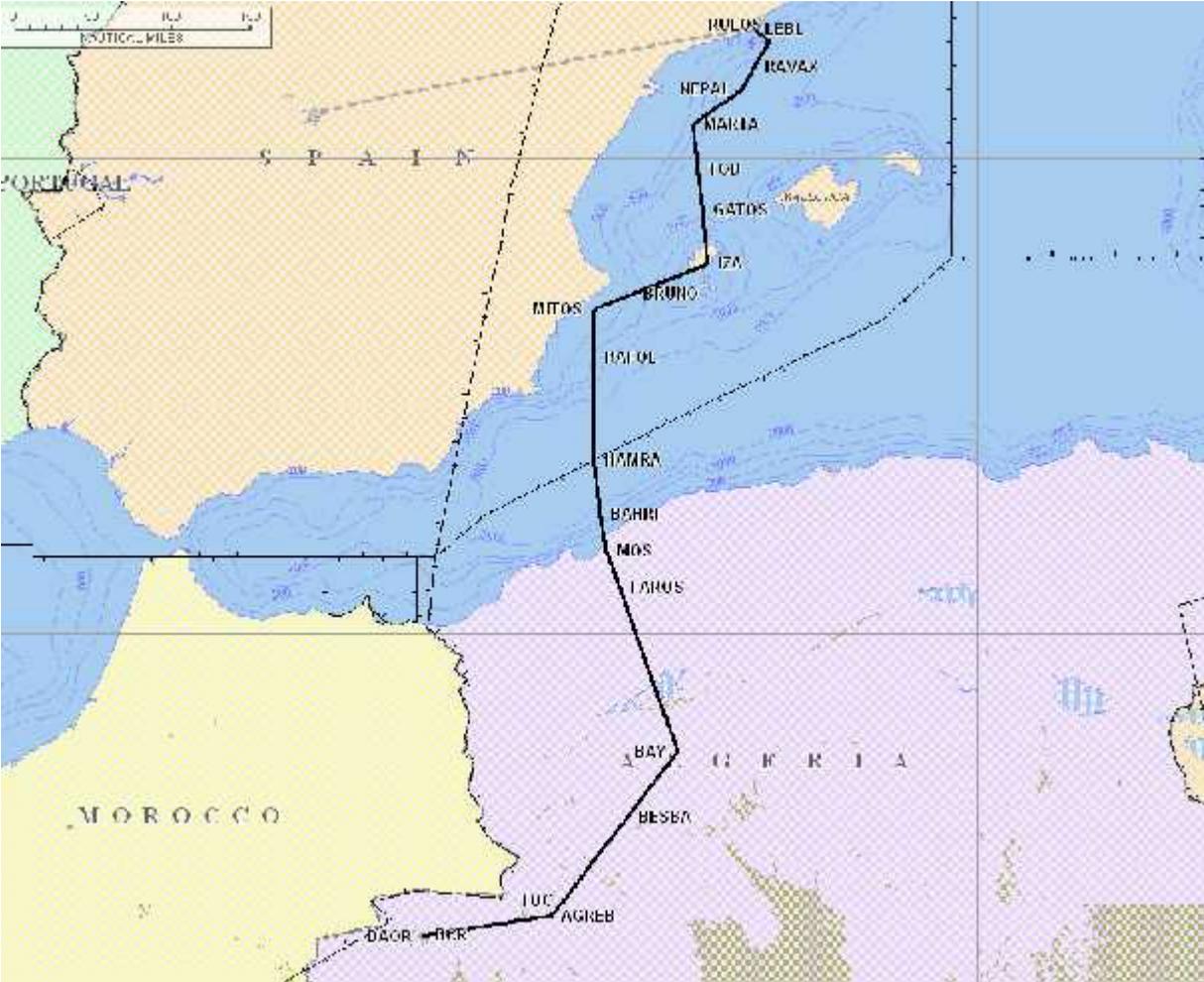


DAOR-EGLL

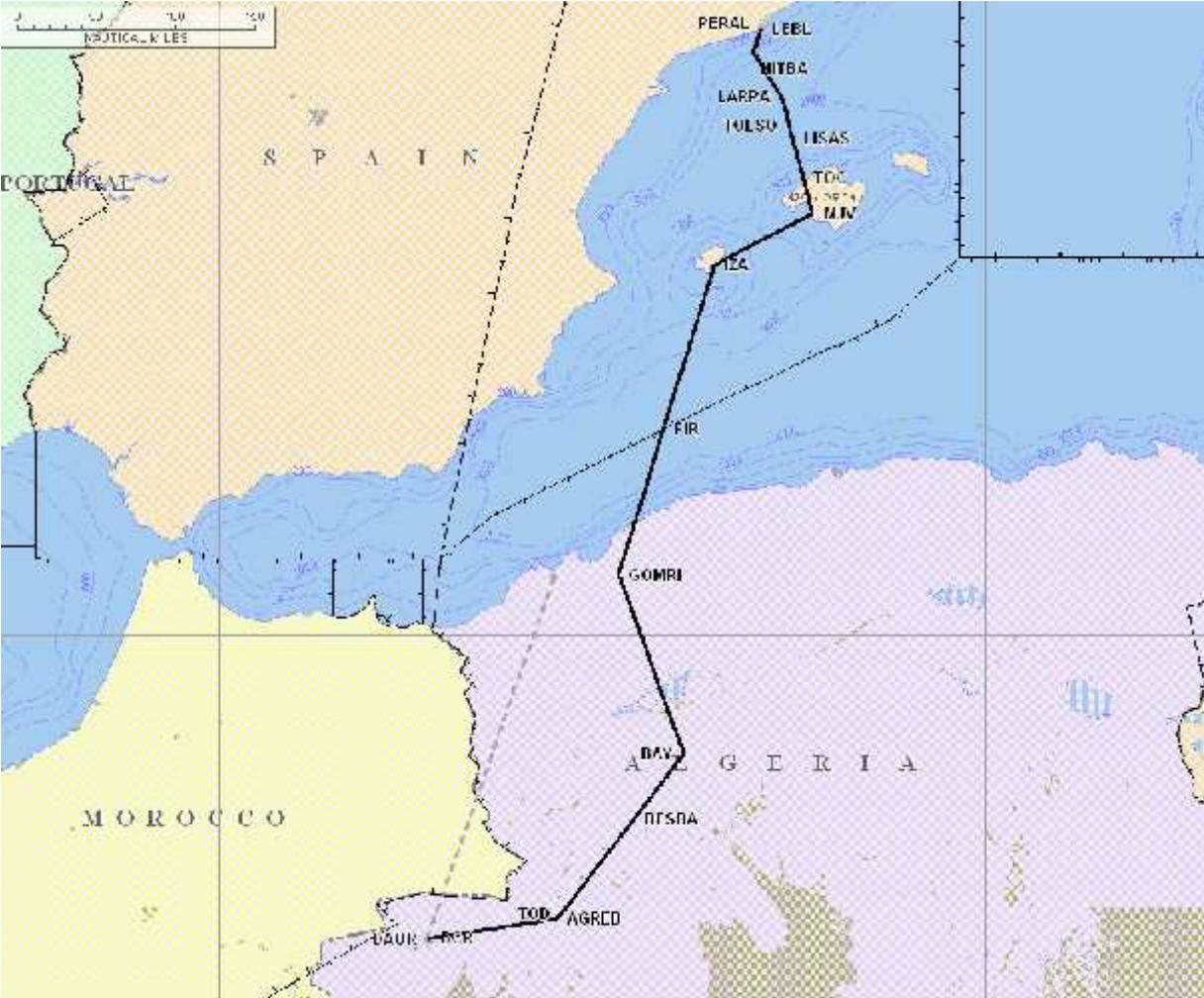




DAOR-LEBL



LEBL-DAOR



DABC-LIRF



LIRF-DABC



DAUG-LIRF





## \* LEXIQUE\*

### \*Chapitre I :

- SL:** sea level.
- MLW:** masse landing weight.
- 737 NG:** new generation.
- 777-200 LR:** long range.
- TAXI WEIGHT:** mise en route.
- MZFW :** zéro fuel weight.
- IAS :** indicated air speed.
- TAS :** true air speed.
- Ceiling :** la visibilité.
- LR :** long range.
- payload :** la charge.

### \*Chapitre II :

- **MMSLF ou MSTOW :** Masse maximale de structure au lâcher des freins.
- **MMSA ou MSLW :** Masse maximale de structure a l'atterrissage.
- **MMSC ou MZFW :** Masse maximale sans carburant dans la voilure.
- **MMSR :** Masse maximale de structure à la mise en route.
- **VMBE :** limitation freins.
- **V1 :** Vitesse de décision.
- **VEF :** Vitesse effective de panne.

- VR** : Vitesse de rotation.
- **VMU** : vitesse minimale d'envol.
- **VLOF** : vitesse de décollage (lift off).
- **VMC** : Vitesses minimales de control au sol.
- **VMCG** : vitesse minimale de control au sol.
- **VMCA** : vitesse minimale de contrôle en vol.
- **VS** : Vitesses de décrochage.
- **V2** : Vitesses de sécurité au décollage.
- TOR**: take off run.
- TOD**: take off distance.
- ASD**: accelerate stop distance.

### **\*Chapitre III :**

- DABC** : Constantine.
- LIRF** : Rome.
- LEBL** : Barcelone.
- DAOR** : Bechar.
- DAAG** : Alger.
- LFPG**: PARIS.
- DAUG**: GHARDAIA.
- EGLL**: London (HEATHROW).

### **\*Chapitre IV :**

- PNT**: personnel Navigant technique.
- PNC** : personnel Navigant commercial.

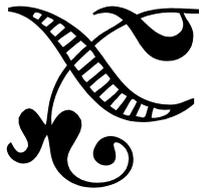
# Bibliographie

## La documentation :

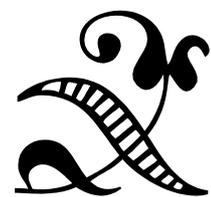
- ◆ AIP ALGERIE.
- ◆ FCOM du CRJ 900.
- ◆ FCOM du B737-600.
- ◆ Opération aérienne TOME 1, TOME 2.
- ◆ Cours opération aérienne de la 4eme et 5eme année opération aérienne.
- ◆ Les données des calculs ont été prises des deux compagnies « AIR ALGERIE » et « TASSILI AIR LINES ».

## Les sites web :

- ◆ [www.bombardier.com](http://www.bombardier.com).
- ◆ [www.boeing.com](http://www.boeing.com).
- ◆ [www.wikipedia.com](http://www.wikipedia.com).



# ANNEXE



**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 ;
- déagements 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 reclairances ultérieures;
- 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.

## II. Description du plan de vol informatisé :

PLAN 3975 DABC TO LIRF 737N M78/F IFR 19/05/11  
 NONSTOP COMPUTED 0947Z FOR ETD 1200Z PROGS 1900ADF VJR KGS

		E.FUEL	A.FUEL	E.TME	NM	NAM	FL
DEST	LIRF	002630	. . . . .	01/12	0494	0471	360
R.R.		000200	. . . . .	00/06			
ALT	LIMC	002150	. . . . .	00/58	0325	0328	260
HOLD		001200	. . . . .	00/30			
XTR		000000	. . . . .	00/00	VISA	CDB	.....
TOF		006180	. . . . .	02/47			
TAXI		000150	CORR.	+ / -			
BLOCK		006330	. . . . .	02/47	BLOCK	FUEL	.....

FL 360

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE:0156KGS  
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE:0-22KGS  
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0021KGS

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	038834	. . . . .			
EPLD	007200	. . . . .			
EZFW	046034	. . . . .	ZFW . . . . .	051482 /	. . . . .
TOF	006180	. . . . .			
ETOW	052214	. . . . .	OTOW. . . . .	065090 /	. . . . .
EB/O	002630	. . . . .			
ELAW	049584	. . . . .	LAW . . . . .	054657 /	. . . . .

DABC UG14 KAWKA UM126 DOPEL UM858 DEC UQ125 ROMPO UL5 LUNAK LUNA4A  
 LIRF

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

WIND P023 MXSH 4/KAWKA

MET /

CLEARANCE /

DABC ELEV 2316FT ETA 1312Z

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

TOC		360	...	...	038	...	...	0079	0/12	...	010	0052	...
	080	..	...	.	032	038	...	0415	0/12	...	010	....	...
N37192E007384													
-----													
KAWKA	UG14	360	-56	26457	038	P38	448	0052	0/07	...	002	0049	...
	080	38	00	4	032	038	486	0363	0/19	...	012	....	...
N37596E008193													
-----													
VAPIK	UM126	360	-57	26447	038	P33	446	0013	0/01	...	001	0049	...
	039	37	M01	3	035	040	479	0350	0/20	...	013	....	...
N38097E008299													
-----													
DOPEL	UM126	360	-58	26445	038	P31	445	0028	0/04	...	001	0048	...
	038	37	M02	2	034	039	476	0322	0/24	...	014	....	...
N38317E008530													
-----													
FIR	UM858	360	-58	26141	003	P08	445	0006	0/01	...	000	0047	...
	055	37	M02	1	359	005	453	0316	0/25	...	015	....	...
N38379E008537													
-----													
DEC	UM858	360	-58	26141	003	P08	445	0044	0/05	...	002	0045	...
331.0	055	37	M02	1	359	005	453	0272	0/30	...	017	....	...
N39218E008584													
-----													
KOVAS	UQ125	360	-59	25937	014	P15	444	0017	0/03	...	001	0044	...
	085	37	M03	0	010	015	459	0255	0/33	...	017	....	...
N39387E009042													
-----													
DEXUL	UQ125	360	-59	25836	013	P15	444	0013	0/01	...	001	0044	...
	085	37	M03	1	010	015	459	0242	0/34	...	018	....	...
N39515E009085													
-----													
LABOM	UQ125	360	-60	25834	019	P18	443	0034	0/05	...	002	0042	...
	085	37	M04	0	016	021	461	0208	0/39	...	019	....	...
N40229E009243													
-----													
VAVAX	UQ125	360	-59	26034	019	P17	444	0018	0/02	...	001	0042	...
	085	37	M03	1	016	021	461	0190	0/41	...	020	....	...
N40394E009326													
-----													
IDEPA	UQ125	360	-59	26134	020	P16	444	0004	0/01	...	000	0041	...
	085	37	M03	1	016	021	460	0186	0/42	...	020	....	...
N40437E009348													
-----													
ADRUX	UQ125	360	-59	26234	019	P15	444	0002	0/00	...	000	0041	...
	095	37	M03	1	015	021	459	0184	0/42	...	021	....	...
N40459E009359													
-----													
ROMPO	UQ125	360	-59	26333	020	P15	444	0022	0/03	...	001	0040	...
	095	37	M03	1	015	021	459	0162	0/45	...	022	....	...
N41059E009463													
-----													
RUXOP	UL5	360	-59	26434	066	P33	444	0012	0/01	...	001	0040	...
	095	37	M03	1	065	068	477	0150	0/46	...	022	....	...
N41102E010006													
-----													
BATOX	UL5	360	-59	26534	067	P33	444	0007	0/01	...	000	0039	...
	010	37	M03	1	066	069	477	0143	0/47	...	022	....	...
N41128E010094													
-----													
TOD	UL5	360	-59	26933	067	P31	444	0034	0/04	...	001	0038	...
	016	36	M03	1	066	069	475	0109	0/51	...	024	....	...
N41252E010516													

```
-----
TINTO      DSC ... .. 067 ... .. 0010 0/01 ... 000 0038 ...
      016 .. ... . 066 069 ... 0099 0/52 ... 024 ....
N41287E011041
-----
```

```
-----
VALMA      DSC ... .. 068 ... .. 0017 0/03 ... 000 0038 ...
      016 .. ... . 069 070 ... 0082 0/55 ... 024 ....
N41346E011253
-----
```

```
-----
LUNAK      DSC ... .. 067 ... .. 0022 0/03 ... 000 0037 ...
      016 .. ... . 068 069 ... 0060 0/58 ... 024 ....
N41422E011522
-----
```

```
-----
RF402      DSC ... .. 121 ... .. 0018 0/03 ... 000 0037 ...
      070 .. ... . 122 123 ... 0042 1/01 ... 025 ....
N41323E012122
-----
```

```
-----
RF403      DSC ... .. 183 ... .. 0011 0/02 ... 000 0037 ...
      070 .. ... . 182 185 ... 0031 1/03 ... 025 ....
N41213E012108
-----
```

```
-----
NETUN      DSC ... .. 356 ... .. 0008 0/02 ... 000 0037 ...
      070 .. ... . 358 358 ... 0023 1/05 ... 025 ....
N41252E012155
-----
```

```
-----
LIRF       DSC ... .. 356 ... .. 0023 0/07 ... 001 0035 ...
      070 .. ... . 354 358 ... 0000 1/12 ... 026 ....
N41480E012143
-----
```

```
FIRS DTTC/1219 LIRR/1225
```

```
MSA TTK DIST TIME ETA FUEL
```

```
ALTERNATE - 1 LIMC 121 326 0325 0.58 1411 002150
```

```
-N0366F260 GISPA UL50 ELB UM729 IDONA
```

CPT	LAT	LONG	MSA	TTK	DIST
D023G	N41546	E012181	070	325	0011
OST	N41482	E012143	070	196	0009
RAVAL	N41483	E011436	070	270	0023
GISPA	N41483	E011205	016	270	0017
ROTIR	N42132	E010472	082	315	0035
ELB	N42438	E010237	048	331	0035
NORNI	N43167	E009588	058	331	0038
BETEN	N43332	E009461	029	331	0019
SPEZI	N43466	E009357	029	331	0015
IDONA	N43591	E009259	029	330	0014
MEBUR	N44456	E009103	086	347	0048
VOG	N44579	E008582	086	325	0015
MC407	N45130	E008379	121	316	0021
VERCE	N45168	E008392	121	013	0004
LIMC	N45378	E008434	121	008	0021

(FPL-7T-VJR-IS  
-B736/M-SRWY/SD  
-DABC1200  
-N0448F360 UG14 KAWKA/N0446F360 UM126 DOPEL UM858 DEC UQ125 ROMPO  
UL5 LUNAK  
-LIRF0112 LIMC  
-EET/DTTC0019 LIRR0025  
REG/7T-VJR SEL/HLEQ DAT/S DOF/110519  
-E/0247 P/TBN J/LF  
A/GREY/RED/WHITE)

END OF JEPPESEN DATAPLAN  
REQUEST NO. 3975

PLAN 3976 LIRF TO DABC 737N M78/F IFR 19/05/11  
 NONSTOP COMPUTED 0948Z FOR ETD 1500Z PROGS 1900ADF VJR KGS

		E.FUEL	A.FUEL	E.TME	NM	NAM	FL
DEST	DABC	002830	. . . . .	01/13	0468	0497	350
R.R.		000200	. . . . .	00/06			
ALT	DAAG	001265	. . . . .	00/35	0181	0198	260
HOLD		001200	. . . . .	00/30			
XTR		000000	. . . . .	00/00	VISA	CDB	.....
TOF		005495	. . . . .	02/24			
TAXI		000150	CORR.	+ / -			
BLOCK		005645	. . . . .	02/24	BLOCK	FUEL	.....

FL 350

FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT DECREASE IN CRZ ALTITUDE:0184KGS  
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 4000 FT INCREASE IN CRZ ALTITUDE:0-69KGS  
 FUEL BURN ADJUSTMENT FOR 1000KGS INCREASE/DECREASE IN TOW:0028KGS

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	038834	. . . . .			
EPLD	007200	. . . . .			
EZFW	046034	. . . . .	ZFW	. . . . .	051482 / . . . . .
TOF	005495	. . . . .			
ETOW	051529	. . . . .	OTOW.	. . . . .	065090 / . . . . .
EB/O	002830	. . . . .			
ELAW	048699	. . . . .	LAW	. . . . .	054657 / . . . . .

LIRF ESIN5A ESINO UZ924 ADRUX UQ125 DEC UM858 DOPEL UM126 KAWKA  
 UG14 DABC

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

WIND M024 MXSH 3/TOD

MET /

CLEARANCE /

LIRF ELEV 0013FT

ETA 1613Z

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													
D023G		CLB	...	.....	323	...	...	0011	0/03	...	004	0051	...
	070	..	...	.	322	325	...	0457	0/03	...	004	....	...
N41546E012181													
OST		CLB	...	.....	194	...	...	0009	0/02	...	001	0049	...
114.9	070	..	...	.	194	197	...	0448	0/05	...	006	....	...
N41482E012143													
TORLI		CLB	...	.....	217	...	...	0016	0/03	...	002	0047	...
	070	..	...	.	216	219	...	0432	0/08	...	008	....	...
N41358E012011													
ROKIV		CLB	...	.....	216	...	...	0013	0/02	...	002	0045	...
	070	..	...	.	216	219	...	0419	0/10	...	010	....	...
N41257E011504													
ESINO		CLB	...	.....	216	...	...	0003	0/01	...	000	0045	...
	016	..	...	.	217	218	...	0416	0/11	...	010	....	...
N41231E011477													
TOC		350	...	.....	248	...	...	0016	0/02	...	001	0044	...
	016	..	...	.	249	250	...	0400	0/13	...	011	....	...
N41174E011276													
GITRI	UZ924	350	-56	26831	248	M30	447	0063	0/09	...	003	0040	...
	016	36	M02	0	249	250	417	0337	0/22	...	014	....	...
N40557E010095													
OKIDO	UZ924	350	-57	26329	247	M28	446	0016	0/02	...	001	0040	...
	085	36	M03	0	248	249	418	0321	0/24	...	015	....	...
N40498E009494													
ADRUX	UZ924	350	-57	26229	248	M28	446	0011	0/01	...	001	0039	...
	085	36	M03	0	248	249	418	0310	0/25	...	016	....	...
N40459E009359													
IDEPA	UQ125	350	-57	26228	199	M14	446	0002	0/01	...	000	0039	...
	085	36	M03	0	202	201	432	0308	0/26	...	016	....	...
N40437E009348													
VAVAX	UQ125	350	-57	26228	200	M14	446	0004	0/00	...	000	0039	...
	085	36	M03	0	202	201	432	0304	0/26	...	016	....	...
N40394E009326													
LABOM	UQ125	350	-57	26128	199	M15	446	0018	0/03	...	001	0038	...
	085	36	M03	0	203	201	431	0286	0/29	...	017	....	...
N40229E009243													
DEXUL	UQ125	350	-57	25828	200	M16	446	0034	0/05	...	002	0036	...
	085	36	M03	0	203	201	430	0252	0/34	...	019	....	...
N39515E009085													
KOVAS	UQ125	350	-57	25829	193	M14	446	0013	0/01	...	001	0036	...
	085	37	M03	0	197	195	432	0239	0/35	...	019	....	...
N39387E009042													
DEC	UQ125	350	-57	25931	193	M14	446	0017	0/03	...	001	0035	...

331.0 085 37 M03 0 198 195 432 0222 0/38 ... 020 .... ...  
N39218E008584

-----  
FIR UM858 350 -56 26135 184 M10 447 0044 0/06 ... 002 0033 ...  
055 37 M02 1 188 185 437 0178 0/44 ... 022 .... ...  
N38379E008537

-----  
DOPEL UM858 350 -56 26135 184 M10 447 0006 0/01 ... 000 0032 ...  
055 37 M02 1 188 185 437 0172 0/45 ... 023 .... ...  
N38317E008530

-----  
VAPIK UM126 350 -56 26240 218 M31 447 0028 0/04 ... 001 0031 ...  
038 37 M02 2 222 220 416 0144 0/49 ... 024 .... ...  
N38097E008299

-----  
KAWKA UM126 350 -56 26242 218 M32 447 0013 0/02 ... 001 0030 ...  
039 37 M02 2 223 220 415 0131 0/51 ... 025 .... ...  
N37596E008193

-----  
TOD UG14 350 -55 26152 218 M40 448 0043 0/06 ... 002 0028 ...  
080 38 M01 3 222 219 408 0088 0/57 ... 027 .... ...  
N37258E007450

-----  
DABC DSC ... .. 218 ... ... 0088 0/16 ... 001 0027 ...  
080 .. ... . 222 219 ... 0000 1/13 ... 028 .... ...  
N36171E006372

-----  
FIRS DTTC/1544 DAAA/1551

MSA TTK DIST TIME ETA FUEL

ALTERNATE - 1 DAAG 099 278 0181 0.35 1648 001265

-N0357F260 UJ7 LIMON UG26 ZEM DCT

CPT	LAT	LONG	MSA	TTK	DIST
BJA	N36429	E005046	089	290	0079
LIMON	N37043	E003540	099	291	0061
ZEM	N36477	E003343	083	224	0023
DAAG	N36416	E003129	083	251	0018

(FPL-7T-VJR-IS  
-B736/M-SRWY/SD  
-LIRF1500  
-N0447F350 ESINO UZ924 ADRUX UQ125 DEC UM858 DOPEL UM126 KAWKA  
UG14  
-DABC0113 DAAG  
-EET/DTTC0044 DAAA0051  
REG/7T-VJR SEL/HLEQ DAT/S DOF/110519  
-E/0224 P/TBN J/LF  
A/GREY/RED/WHITE)

END OF JEPPESEN DATAPLAN  
REQUEST NO. 3976

## Première partie du plan de vol

- Numéro du plan de vol, aéroport de départ, aéroport d'arrivée, type d'avion, règle de vol et date de calcul.
- Heure de calcul, heure estimée de départ, référence du programme météorologique, immatriculation avion et l'unité utilisée.
- City pair (le couple aéroport départ/destination) et la date du vol.
- Numéro de vol, jour du vol, aéroport de départ, aéroport de destination, distance air, type d'optimisation (Fuel, time, cost), route de la compagnie, vent moyen et température moyenne.
- Partie Carburant:
  - Colonne 1: Lines labels: délestage, réserves de route, réserves de dégagement, attente, carburant au décollage, Carburant au roulage et block fuel. Le facteur de performances de cet avion est utilise pour le calcul du carburant.
  - Colonne 2: carburant estimé
  - Colonne 3: vide pour les corrections du commandant
  - Colonne 4: Heure estimée
  - Colonne 5: distance sol départ/arrivée et arrivée/dégagement.
  - Colonne 6: distance air départ/arrivée et arrivée/dégagement.
  - Colonne 7: Niveau de vol départ/arrivée et arrivée/dégagement.
- Ajustement de la consommation carburant en cas de changement de poids ou de latitude.
- partie masses :
  - Colonne 1: Lines label: masse de base de l'avion, Charge offerte estimée, ZFW estimé, carburant au décollage, TOW estimé, consommation carburant estimée, masse à l'atterrissage estimée.
  - Colonne 2: masses estimées par calcul.
  - Colonne 3: Vide pour les corrections du commandant de bord.
  - Colonne 4: Masses Structurales.
  - Colonne 5: Raisons des limites opérationnelles remplis par le commandant si nécessaire.
- Copie de la route figurant dans le plan de vol ATC.
- carburant et temps reportés par le pilote.

## 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.

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