

الجمهورية الجزائرية الديمقراطية الشعبية

République Algérienne Démocratique et Populaire

وزارة التعليم العالي و البحث العلمي

Ministère de l'Enseignement Supérieur et de la Recherche Scientifique

جامعة - سعد دحلب - البليدة

Université SAAD DAHLEB Blida

معهد الطيران والدراسات الفضائية

Institut d'Aéronautique et des Etudes Spatiales

فرع الملاحة الجوية

Département de Navigation Aérienne

Mémoire de Fin d'Etude

En vue de l'obtention du Diplôme de MASTER en Aéronautique

Option : Exploitation Aéronautique

Thème

Etude et Analyse des Performances à l'Atterrissage d'un Boeing 737-800 W avec Logiciel BPS

Promoteur :

Mr. KOUEDER ELouehed Boulenuar

Encadreur à TASSILI AIRLINES : **Mr. RABEH Khaled**

Réalisé Par :

BENMETTIR Zineb

AYACHIA Heni

Année Universitaire : 2017/2018

Remerciement

En préambule à ce mémoire nous remerciant ALLAH qui nous aide et nous donne la patience et le courage durant ces longues années d'étude.

Nous souhaitant adresser nos remerciements les plus sincères aux personnes qui nous ont apporté leur aide et qui ont contribué à l'élaboration de ce mémoire ainsi qu'à la réussite de cette formidable année universitaire.

Ces remerciements vont tout d'abord au corps professoral et administratif de l'IAB Mr KOUEDER -EL, pour la richesse et la qualité de leur enseignement et qui déploient de grands efforts pour assurer à leurs étudiants une formation actualisée.

Nous tenant à remercier sincèrement Monsieur, Mr BOUDANI –A et Mr RABEH -K qui, en tant que Directeurs de mémoire, et surtout Mr YAHY Djalil qui se sont toujours montrés à l'écoute et très disponible tout au long de la réalisation de ce mémoire, ainsi pour l'inspiration, l'aide et le temps qu'ils ont bien voulu nous consacrer et sans qui ce mémoire n'aurait jamais vu le jour.

On n'oublie pas nous tenant à remercier tous les membres de jurés pour l'honneur qu'ils nous ont fait en acceptant de juger notre travail

Surement à nos chers parents pour leur contribution, leur soutien et leur patience.

Enfin, nous adressons nos plus sincères remerciements à tous nos proches et amis et familles, qui nous ont toujours encouragés au cours de la réalisation de ce mémoire.

Merci à tous et à toutes.

Résumé

Dans le cadre d'une meilleure exploitation de l'avion de type Boeing 737-800, notre étude traite de l'aspect opérationnel et plus précisément le coté performances. Elle a été réalisée à l'aide de logiciel BPS (Boeing performance system) développé par le constructeur BOEING.

Le but de notre étude est de déterminer les solutions des paramètres et méthode d'atterrissage qui offre des performances optimisée à l'atterrissage pour le réseau exploité par TASSILI AIRLINES

ملخص

من خلال الاستغلال الأفضل لطائرة بوينغ 737-800 ، تتعامل دراستنا مع الجانب التشغيلي وبالتحديد الجانب المتعلق بالأداء. و ذلك باستعمال برنامج BPS (نظام أداء بوينغ) الذي طورته شركة بوينغ. الهدف من دراستنا هو تحديد طريقة وحلول الهبوط التي توفر أداء هبوطاً محسناً للشبكة التي تديرها شركة طيران طاسيلي.

Abstract

As part of a better exploitation of the Boeing 737-800 aircraft, our study deals with the operational aspect and more specifically the performance side. It was carried out using BPS (Boeing performance system) software developed by the builder BOEING.

The purpose of our study is to determine the landing method and landing method solutions that offer optimized landing performance for the network operated by TASSILI AIRLINES

Liste des abréviations

ATC : Air Traffic Control

IATA : Association internationale du transport aérien

IOSA : IATA Operational Safety Audity

TAL : Tassili Air Lines

MTW : Masse Maximum de Structure de manœuvre au sol

MTOW : Masse Maximum de Structure au Décollage

MLW : Masse Maximum de Structure à l'Atterrissage

MZFW : Masse Maximum Sans Carburant

OEW : Masse de Base en Opérations

DOW : Masse de Base

ZFW : Masse Sans Carburant

LW : Masse à l'Atterrissage

TOW : Masse de Décollage

MMSLF : Masse maximale de structure au lâcher des freins

MMSA : Masse maximale de structure à l'atterrissage

MMSC : Masse maximale sans carburant

D : délestage

M : mètre

Kg : Kilo gramme

Km : Kilo mètre

KN : Kilo Nieutin

Km/h : kilo mètre par heure

Kt : Nœud

NM : Nautique miles

FT : pied

FL : Flight Level

OACI : Organisation de l'Aviation Civil International

Vs : Vitesse de décrochage

CL : Lift coefficient

VS1g : Vitesse de décrochage au 1g

N : Facteur de charge

V_{MCA} : Vitesse Minimal de Contrôle en Air

V_{MCL} : Vitesse Minimale à l'approche et à l'Atterrissage

V_{MBE} : Vitesse des Freins

VLS : Vitesse sélectionnable la plus basse

VFA : Vitesse d'approche finale

Vref : Vitesse de référence

Cx : Coefficient de trainée

C/o : Charge Offerte

ASDA : Accélérate Stop Distance Available

TODA : Take Off Distance Available

TORA : Take Off Run Available

LDA : Distance d'Atterrissage Disponible

ALD : Distance réelle d'atterrissage

VTD : Vitesse de Touché moyenne

RLD : Distance d'Atterrissage Requisite

MTO : Maximum Take-off

BPS : Boeing Performance Software

FAA : Federal Aviation Administration

AFM : Aircraft Flight Manual

FCOM : Flight Crew Opérations Manuel

Zp : Altitude Pression

Table des matières

Remercîments.....	i
Résumé.....	ii
Les abréviations.....	iii
Introduction.....	v
Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l’avion B737-800W	
I.1 Présentation de la compagnie :	17
I.1.1 Historique :	18
I.1.2 Structure de l’organisation :	19
I.1.3 Organisation de l’ensemble de la compagnie aérienne TAL (Figure1) :	20
I.1.4 Organisation générale de la Direction Exploitation (Figure2) :	21
I.1.4.1 Politique de TASSILI AIRLINES :	22
I.1.4.2 Ressources humaines :	22
I.1.4.3 Les services de TASSILI AIRLINES :	22
I.1.4.4 Activités :	23
I.1.4.5 Partenariats :	23
I.2 La flotte exploitée par la compagnie aérienne :	24
I.2.1 Boeing 737-800 :	25
I.2.2 Bombardier DASH 8-Q400 :	25
I.2.3 Bombardier DASH 8-Q200 :	25
I.2.4 Beechcraft 1900D :	25
I.2.5 Cessna 208 G/C :	25
I.3 Présentation du Boeing 737-800 :	26
I.3.1 Présentation du constructeur Boeing :	26
I.3.2 Histoire de Boeing :	26

I.3.3 Production d'avions civils :	27
I.3.3.1 Anciennement produit :	27
I.3.3.2 En production :	27
I.3.4 Le Boeing 737-800 :	28
I.3.4.1 La famille 737 :.....	28
I.3.4.2 Présentation détaillée 737-800 :	28
1) Fiche technique (Tableau 7) :	28
2) Dimensions (Tableau 8):	29
3) Performance (Tableau 9) :	29
 Chapitre II :Notions et définitions d'Atterrissage	
II.1 La réglementation :	32
II.2 Limitations opérationnelles :	32
II.3 Limitation avion	32
II.3.1 Les vitesses limitatives :	32
II.3.2 Les masses structurales :	35
II.3.2.1 Masse avion	35
II.3.2.2 Masses maximales de structure	35
II.3.3 Les distances :	37
II.4 Limitations atterrissage	38
II.4.1 La trajectoire de l'atterrissage	38
II.4.2 Performance d'atterrissage	38
II.4.2.1 Vitesse opérationnel	38
II.4.2.2 Piste	39
II.4.2.3 Exigence de l'Approche interrompue Go-around.....	43
II.4.2.4 Paramètres influents sur les performances de l'atterrissage : (tableau 1)	45

Chapitre III :Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

III.1 Introduction	47
III.2 Les calculs des performances à partir du FPPM	48
III.2.1 Limitations structurales	48
III.2.2 LIMITATION PISTE	49
III.2.2.1 Distance d'atterrissage	49
III.2.2.2 Longueur de piste nécessaire	50
III.2.2.3 Exemples de calculs	52
III.2.2.4 Analyse de résultat	52
III.2.3 LIMITATION REMISE DE GAZ	53
III.2.3.1 Exemple	54
III.2.3.2 Vérification avec les mêmes performances mais issues d'un autre FCOM, sous la forme d'un tableau.	55
III.2.3.3 Analyse de tableau	56
III.2.4 EN VOL	56
III.2.4.1 Exemple :	57
III.2.4.2 Analyse de résultat	57
III.3 Facteurs affectant les performances à l'approche et l'atterrissage	58
III.3.1 Facteurs affectant la vitesse à l'approche finale	58
III.3.1.1 La masse d'aéronef	58
III.3.1.2 Configuration de l'avion	58
III.3.1.3 Densité de l'air (élévation de l'aérodrome)	59
III.3.1.4 Vent	59
III.3.1.5 Cisaillement du vent	59
III.3.2 Facteurs affectant la distance à l'atterrissage	59
III.3.2.1 Vitesse d'atterrissage et technique	59
III.3.2.2 La masse d'aéronef	59

III.3.2.3 Densité de l'air.....	59
III.3.2.4 Vent	59
III.3.3 Actions de l'ATC affectant l'approche finale et l'atterrissage	60
III.3.3.1 Variables à inclure dans le facteur de répartition	60
III.4 Les calculs des performances avec logiciel BPS	61
III.4.1 Configuration	61
III.4.2 Analyse de résultat	66
III.4.3 Affichage des résultats sur Tableau	67
III.4.3.1 Analyses des tableaux	71
Observation	71
Conclusion	vii
Références bibliographiques.....	ix
Les annexes.....	xii

Liste des figures

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

Figure I -1: Organisation de l'ensemble de la compagnie aérienne TAL	20
Figure I -2: Organisation générale de la Direction Exploitation	21
Figure I -3: Dash8-Q400	24
Figure I -4: Arrangement général et les premières dimensions pour une configuration avec winglets B737-800	30

Chapitre II : Notions et définitions d'Atterrissage

Figure II -1: CL en fonction d'angle d'attaque.	33
Figure II -2: vitesse minimale de contrôle en air.	34
Figure II -3: les efforts appliqués sur la cellule d'avion.	36
Figure II -4: Données de piste (distances)	37
Figure II -5: Trajectoire de l'atterrissage	38
Figure II -6: Influence de l'obstacle sur l'LDA	39
Figure II -7: Distance d'atterrissage réelle.	40
Figure II -8: Phase aéroportée pour un atterrissage automatique Da.	40
Figure II -9: Phase de rôle au sol pour un atterrissage automatique Dg.	41
Figure II -10: Distance d'atterrissage	42
Figure II -11: L'approche interrompue	43
Figure II -12: landing climb	44
Figure II -13: approche climb	44

Chapitre III : Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

Figure III -1: distance d'atterrissage AB	50
Figure III -2: Longueur de piste AC	50
Figure III -3: Graphe détermine la limitation piste à l'atterrissage du B737-800	51

Figure III -4:graphe d'exemple de calcule LDA	52
Figure III -5:graphe de limitation remise de gaz	53
Figure III -6:graphe d'exemple recherche de température	54
Figure III -7:Configuration d'Atterrissage	61
Figure III -8:Configuration d'Avion et Flaps	61
Figure III -9:Type de piste	62
Figure III -10:Choix de Températures	62
Figure III -11:Choix de Vents	63
Figure III -12:Etape d'Exécution	63
Figure III -13:Début d'Exécution	64
Figure III -14:Fin d'Exécution	64
Figure III -15:Voir la modification après l'exécution.....	64
Figure III -16:Fichier de Configurations	65
Figure III -17:Fiche de limitation	65
Figure III -18:Analyse de résultat.....	66
Figure III -19: les différentes limitations sur piste DRY	67
Figure III -20: les différentes limitations sur piste WET	67

Liste des tableaux

Chapitre I :Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

Tableau I -1:Tassili Airlines Flotte	24
Tableau I -2:Boeing 737-800	25
Tableau I -3: Bombardier DASH 8-Q400	25
Tableau I -4: Bombardier DASH 8-Q200	25
Tableau I -5:Beechcraft 1900D	25
Tableau I -6: Cessna 208 G /C	25
Tableau I -7: Fiche Technique	28
Tableau I -8: Dimensions	29
Tableau I -9: Performance	29

Chapitre III :Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

Tableau III -1:les différentes limitations structurales du B737-800	49
Tableau III -2:vérification de calcule limitation remise de gaz	55
Tableau III -3:donne la distance qu'il faudra pour arrêter l'avion avec un braquage de volets donnée	56
Tableau III -4: Calcule pour piste sèche	57
Tableau III -5: Performances d'atterrissage aéroports DABC, DAOF	68
Tableau III -6: Performances d'atterrissage aéroports DAAG ,DABB	69
Tableau III -7: Performances d'atterrissage aéroports DAUE, DAOO	70
Tableau III -8: Volets Recommandé	72

INTRODUCTION GENERALE

INTRODUCTION GENERALE

Dans le travail quotidien des équipages ainsi que les agents des opérations, cela revient à déterminer, pour chaque phase de vol, quelle est la masse maximum possible en fonction des conditions du jour, c'est-à-dire la configuration de l'avion, l'infrastructure des aéroports, le relief à proximité des aéroports et sur la route prévue, les conditions météorologiques prévues, etc...

Notre approche s'illustre dans l'aspect économique de la compagnie aérienne où la rentabilité de ses vols sera claire. En outre, la génération des données afin d'une optimisation des performances à l'atterrissage. Le présent travail a pour objectif de suivre dans une première étape, la présentation de la compagnie aérienne Tassili Airlines où s'est effectué notre stage et de l'avion B737-800 w, dans une seconde étape, nous présentons tous les notions et les définitions liées à notre travail tous les limitations opérationnelles d'avion (les vitesses les masses et les distances) en générale et après on passe par les performance d'approche et d'atterrissage seulement (les paramètres associés à l'atterrissage).

Finalement l'étape essentielle nous suivrons par des calculs effectués à partir de mesures faites aux essais par le constructeur Boeing ensuite les facteurs affectant les performances à l'approche et à l'atterrissage on finit par une analyse approfondie des calculs de performances d'atterrissage des vols de l'avion Boeing 737-800 avec le logiciel Boeing (BPS) pour trouver une option optimale.

Cette expérimentation s'achève par un choix de l'optimum des performances d'atterrissage des vols visés de tout le réseau de la compagnie Tassili Airlines.

Confidentialité :

Les résultats effectués dans ce projet sont la propriété exclusive de TASSILI AIRLINES, la reproduction et la publicité doit faire l'objet d'une autorisation préliminaire de TASSILI AIRLINES.

Chapitre I

**Présentation de la compagnie
et de B737-800W**

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

I.1 Présentation de la compagnie :

TASSILI AIRLINES est une compagnie aérienne parapétrolière, sous l'action de l'entreprise SONATRACH, elle assure les services du Travail Aérien ainsi que le transport du personnel SONATRACH et ses partenaires des sociétés étrangères [1]

I.1.1 Historique :

Tassili Airlines a été créée le 30 mars 1998, à l'origine il s'agissait d'une joint - venture entre le groupe pétrolier algérien SONATRACH (51% du capital social) et la compagnie aérienne Air Algérie (49% du capital social).

Sa mission était de réaliser des services aériens dédiés aux sociétés pétrolières et parapétrolières en Algérie.

En 2005, elle devient une filiale à 100 % de Sonatrach après le rachat des actions que détenait Air Algérie, pour arriver à la création d'une Société de transport aérien pour la prise en charge de la relève pétrolière et parapétrolière dans les meilleures conditions de sécurité, ponctualité, qualité, flexibilité et confort.

Le 28 septembre 2011, Tassili Airlines reçoit l'autorisation du ministère des Transports algériens d'effectuer des vols grand public et à la fin novembre 2011, la compagnie aérienne a obtenu le label international de qualité IOSA (IATA Operational Safety Audit), en vue de rehausser le niveau de sécurité de ses activités. [2]

Le 28 septembre 2012, la compagnie a inauguré son premier vol international à destination de Rome. Le 5 juillet 2013, la compagnie a inauguré deux vols internationaux à destination de Saint-Étienne et Grenoble en France. Le 13 novembre 2014, la compagnie a inauguré deux nouvelles liaisons à destination de Marseille et Strasbourg en France. Le 10 juillet 2015, la compagnie a inauguré une nouvelle liaison à destination de Lyon en France. Le 4 juin 2016, la compagnie inaugurera une nouvelle liaison au départ de Constantine et à destination de Strasbourg.

Ouverture d'une nouvelle liaison Strasbourg-Oran-Strasbourg à compter du 05 juillet 2018, Cette liaison aérienne, extension de la ligne Alger-Strasbourg-Alger, sera assurée chaque jeudi par des Boeings 737-800NG, commercialisés en version bi-classes « 20 sièges classe Affaires et 135 sièges classe Economique », en opérant la rotation Alger-Strasbourg-Oran-Strasbourg-Alger. [1]

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

I.1.2 Structure de l'organisation :

La compagnie aérienne TASSILI AIRLINES englobe quatre départements généraux qui sont :

- S/Direction Qualité ;
- S/Direction d'Informatique et Télécommunications ;
- Bureau Sûreté Aérienne ;
- Bureau Sécurité des vols.

Ainsi que six directions qui sont les suivantes :

- Direction Etudes Planification ;
- Direction des Ressources Humaines ;
- Direction Finances et Comptabilité ;
- Direction Commerciale ;
- Direction Technique ;
- Direction Exploitation.

Le tout étant sous le patronat du Président Directeur Général (voir l'organigramme de l'organisation de la compagnie). [1]

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

I.1.3 Organisation de l'ensemble de la compagnie aérienne TAL (Figure1) :

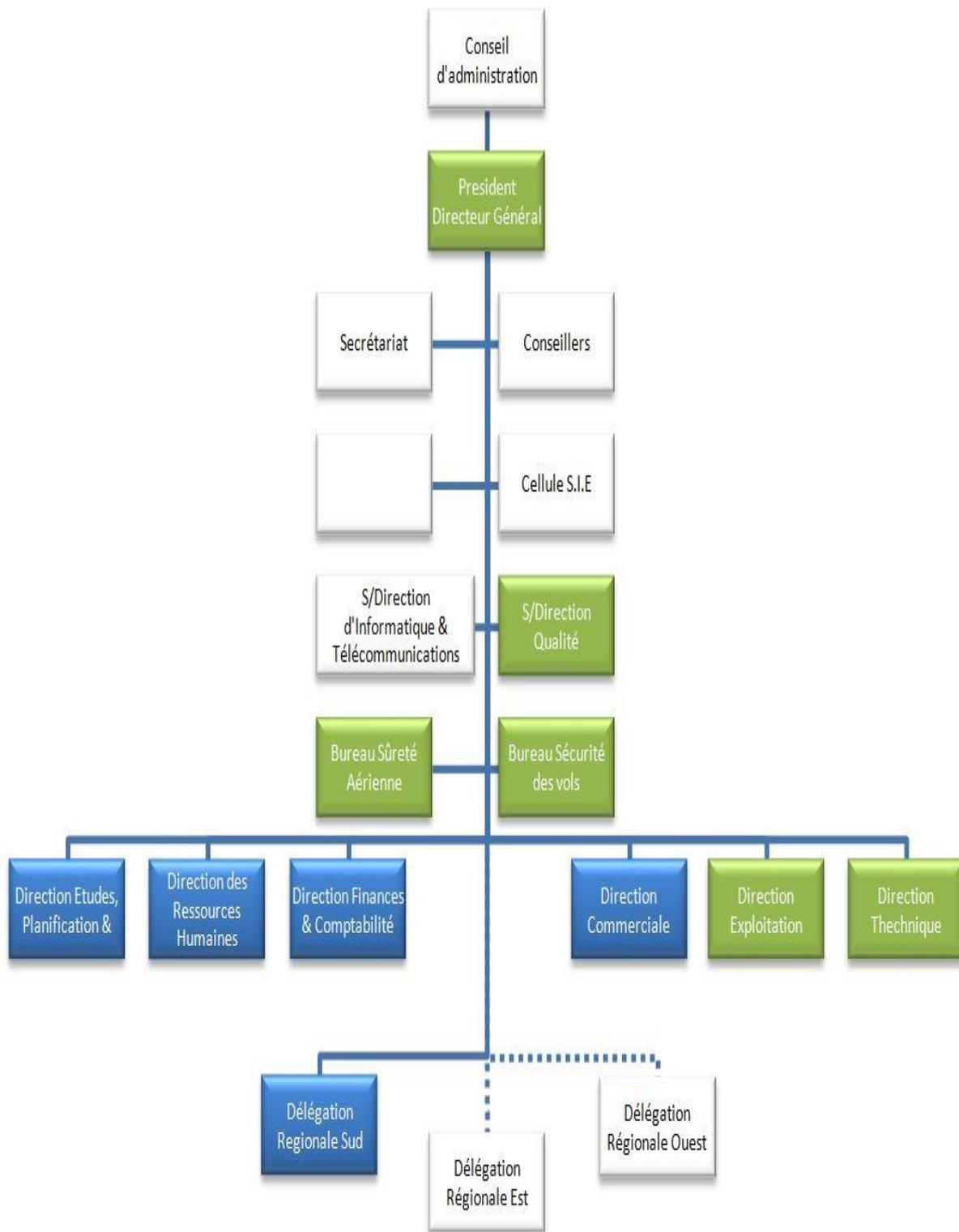


Figure I-1: Organisation de l'ensemble de la compagnie aérienne TAL

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

I.1.4 Organisation générale de la Direction Exploitation (Figure2) :

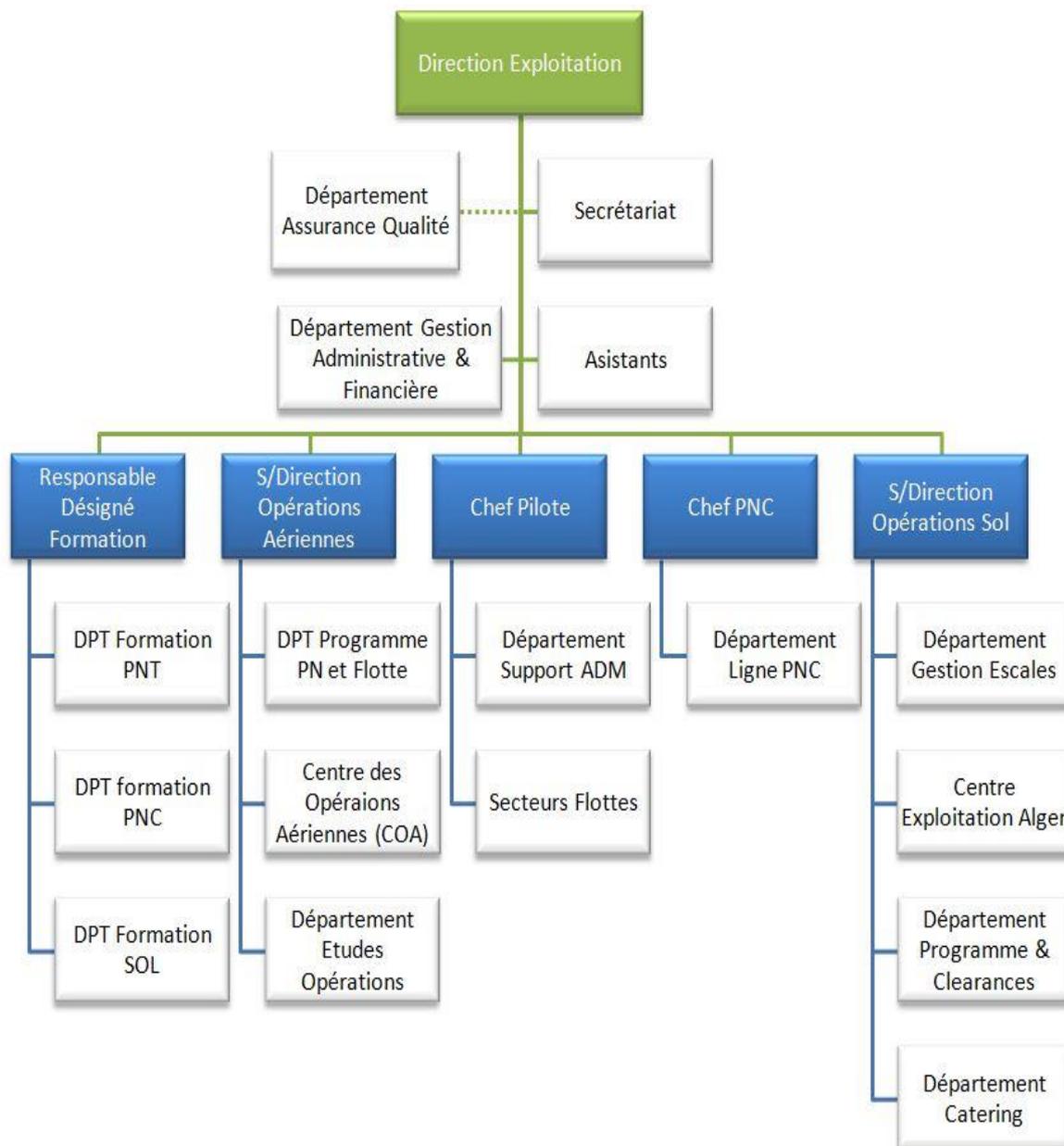


Figure I-2: Organisation générale de la Direction Exploitation

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

I.1.4.1 Politique de TASSILI AIRLINES :

Une politique articulée autour de 5 engagements fondamentaux :

- Sécurité des vols
- Sureté aérienne
- Qualité
- Hygiène, santé, sécurité, et environnement HSE
- Certification IOSA (IATA operational Safety Audity)

L'implication collective garante de l'efficacité maximale

I.1.4.2 Ressources humaines :

➤ Recrutement

Une démarche de développement des ressources est mise en œuvre en appui à la stratégie de la compagnie.

- Plans annuels de recrutement et de formation ciblant en priorité les métiers clés (maintenance, exploitation et commercial).
- Outils modernes de GRH (Bourse de l'emploi pour les postes de responsabilité et sélection pour les postes clés de la compagnie).

➤ Formation

- Poursuite des efforts de valorisations du potentiel humain et amélioration constante de ses performances techniques par des actions de formation et de perfectionnement.
- Effort focalisé sur les formations qualifiantes du personnel navigant et de maintenance. [3]

I.1.4.3 Les services de TASSILI AIRLINES :

➤ Travail Aérien

Une multitude de services Aériens

- Balayage laser par hélicoptère.
- Prise de vues aériennes sur CESSNA ou PILATUS.
- Thermographie.
- Surveillance des Lignes à Haute Tension et très Haute Tension sur un réseau de 27 000 Km.

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

- Surveillance de pipeline sur un réseau de 16 000 Km extensible à 21 000 Km.
- Traitement phytosanitaires fertilisation ensemencement prospection et lutte anti acridienne lutte contre incendies de forêts en collaboration avec la protection civile Algérienne.

➤ Vols charters pétrolier

C'est la vocation première de TASSILI AIRLINES qui collabore avec les sociétés pétrolières parapétrolières et toutes celles du secteur de l'énergie et des mines en mettant à leur disposition des vols charters dédiés à leurs besoins spécifiques.

➤ Vols à la demande

La compagnie met à la disposition de toutes institutions demandeuses un service location d'avion ou d'hélicoptère suivant plusieurs formules un vol une série de vol évacuation sanitaire.

I.1.4.4 Activités :

- Charters pour la SONATRACH et ses filiales (Groupements ou Associations inclus)
- Mises à disposition permanente (hélicoptères, Beechcraft et STOL)
- EVASAN / Évacuations Sanitaires (en moyenne 2 par mois en Beechcraft)
- Vols à la demande (travail aérien, taxi aérien, VIP ou sensibles)
- Navettes SUD quotidiennes (depuis avril 2009) au départ d'Alger.

I.1.4.5 Partenariats :

- Tassili Airlines entretient un partenariat avec Air Algérie à travers des conventions d'assistance :
 - Maintenance
 - Assistance au Sol
 - Assistance Technique
 - Catering.
- Contacts avec plusieurs entités en vue de développer des partenariats durables (compagnies aériennes, hôtels, aéroports, etc...). [1]

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

I.2 La flotte exploitée par la compagnie aérienne :

Tassili Airlines flotte au 1^{er} juin 2017 (Tableau 1) (Figure 3) :



Figure I-3:Dash8-Q400

Tableau I-1:Tassili Airlines Flotte

Avion	Nombre d'avions	Commandés
Boeing 737-800	4	3 (livrés à partir du deuxième semestre 2018)
Dash8-Q400	4	
Dash8-Q200	4	
Beechcraft 1900D	3	
Cessna C208B	5	
Total	20	3

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

I.2.1 Boeing 737-800 :

Tableau I-2: Boeing 737-800

Immatriculation	Capacité	Rayon d'action	Vitesse de croisière
7T-VCA 7T-VCB 7T-VCC 7T-VCD	155	5000 km	900 km/h

I.2.2 Bombardier DASH 8-Q400 :

Tableau I-3: Bombardier DASH 8-Q400

Immatriculation	Capacité	Rayon d'action	Vitesse de croisière
7T-VCL 7T-VCM 7T-VCN 7T-VCO	74	2415 km	667 km/h

I.2.3 Bombardier DASH 8-Q200 :

Tableau I-4: Bombardier DASH 8-Q200

Immatriculation	Capacité	Rayon d'action	Vitesse de croisière
7T-VCP 7T-VCQ 7T-VCR 7T-VCS	37	1802 km	537 km/h

I.2.4 Beechcraft 1900D :

Tableau I-5: Beechcraft 1900D

Immatriculation	Capacité	Rayon d'action	Vitesse de Croisière
7T-VIO 7T-VIP 7T-VIQ	18	2000 km	480 km/h

I.2.5 Cessna 208 G/C :

Tableau I-6: Cessna 208 G /C

Immatriculation	Capacité	Autonomie	Vitesse de croisière
7T-VIG 7T-VII 7T-VIL 7T-VIM	09	5h00	280 km/h

I.3 Présentation du Boeing 737-800 :

I.3.1 Présentation du constructeur Boeing :

Boeing (nom officiel en anglais The Boeing Company) est l'un des plus grands constructeurs aéronautiques et aérospatiaux au monde. Son siège social est situé à Chicago, dans l'Illinois. Ses deux plus grandes usines sont situées à Wichita au Kansas et à Everett, près de Seattle. Cet avionneur s'est spécialisé dans la conception d'avions civils, mais également dans l'aéronautique militaire, les hélicoptères ainsi que dans les satellites et les fusées avec sa division Boeing Integrated Defense Systems. [4]

Cette société se livre à une guerre commerciale avec son principal concurrent, le consortium européen Airbus.

I.3.2 Histoire de Boeing :

- Avant les années 1950 :

Boeing est l'une des compagnies leader dans le domaine de l'aviation, son nom tout seul, résume l'histoire de l'aviation.

C'est le 15 juillet 1916, que Boeing voit le jour grâce à William E. Boeing et George Conrad Westervelt. Elle fut nommée au début B&W, pour devenir, peu après « Pacific Aero Products », avant de trouver son nom final Boeing Airplane Company.

C'est à cette époque que Boeing Air Transport fut fondée afin de s'occuper du transport aérien. Avec un nombre qui a atteint les 2 000 voyageurs en une seule année, les directeurs de Boeing décident, alors, de créer des avions spécialisés dans le transport des individus, d'où vient l'idée du Model 80.

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 Transport » est scindée 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.

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

Avec l'arrivée des années 1970 et le lancement du consortium Airbus, une nouvelle histoire de rivalité commence, Boeing reste tout de même le leader du marché jusqu'au début des années 1990.

- Acquisitions durant les années 1990 :

En réponse au mouvement de concentration dans l'industrie de la défense américaine engagé par son concurrent Lockheed en 1995, Boeing acquiert en août 1996 les activités spatiales et de défense de Rockwell International pour 3,2 milliards de dollars.

- Année 2000 :

Boeing est redevenu le premier avionneur mondial en 2006 avec 1 044 commandes contre 824 pour Airbus.

En juillet 2018, Boeing annonce la création d'une co-entreprise avec Embraer, ce dernier apportant des actifs regroupant ses activités dans l'aviation civile valorisées à 4,75 milliards de dollars, alors que Boeing apportera des actifs de l'ordre de 3,8 milliards de dollars. Cette co-entreprise sera détenue à 80 % par Boeing, le montant investit par Boeing est non-révéilé. Cet accord exclue les activités militaires d'Embraer, ainsi que ses activités de jets privés.

I.3.3 Production d'avions civils :

I.3.3.1 Anciennement produit :

- Boeing 247
- 314 Clipper
- 307 Stratoliner
- 377 Stratocruiser
- 707 (version raccourcie sous le nom de 720)
- 717 (nom d'origine MD-95 modifié après rachat de McDonnell Douglas par Boeing)
- 727
- 737 (1^{re} et 2^e génération)
- 747-400
- Boeing 747-100, 200, 300, SP
- 757

I.3.3.2 En production :

- 737 NG (3^e génération)
- 747-8
- 767
- 777
- 787
- Boeing Business Jet (version jet privé du 737 NG)
- Boeing-Bell V-22 Osprey

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

I.3.4 Le Boeing 737-800 :

I.3.4.1 La famille 737 :

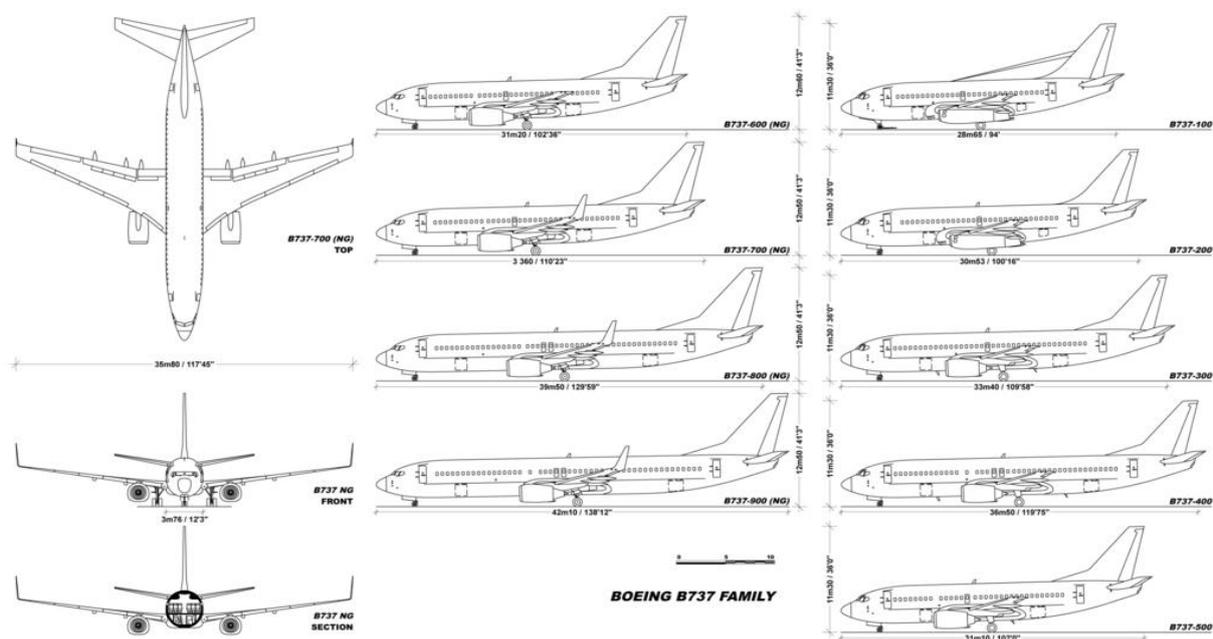


Figure I-4 : la famille 737

Il existe 9 modèles du B737 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. Enfin la Nouvelle Génération comporte le 737-600, le 737-700, le 737-800 et le 737-900.

I.3.4.2 Présentation détaillée 737-800 :

I.3.4.2.1 Fiche technique (Tableau 7) :

Tableau I-7: Fiche Technique

	Unités	Model Boeing 737-800 W
Masse Maximum de Structure de Manœuvre au Sol (MTW)	Livres	174,900
	Kilogrammes	79,333
Masse Maximum de Structure au Décollage (MTOW)	Livres	174,200
	Kilogrammes	79,016
Masse Maximum de Structure à l'Atterrissage (MLW)	Livres	146,300
	Kilogrammes	66,361
Masse Maximum Sans Carburant (MZFW)	Livres	138,300
	Kilogrammes	62,732
Masse de Base en Opérations (OEW)	Livres	91,300
	Kilogrammes	41,413

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

Charge Utile Maximum	Livres	47,000
	Kilogrammes	21,319
Capacité Sièges	Bi classes	160
	Classe homogène	184
Volume Cargo (Plate-Forme Inférieure)	Pieds Cube	1555
	Mètres Cube	44.1
Capacité Réservoirs	Litres	26.022
	Kilogrammes	20.894

I.3.4.2.2 Dimensions (Tableau 8):

Tableau I-8: Dimensions

Dimensions	
Longueur hors tout	39.47 M
Longueur du fuselage	38.02 M
Envergure	35.79 M
Hauteur	12.55 M
Empattement	15.60 M
Largeur	3.76 M
Largeur cabine	3.53 M
Surface alaire	124.58 M ²
Envergure Stabulo	14.35 M

I.3.4.2.3 Performance (Tableau 9) :

Tableau I-9: Performance

Performances	
Plafond	41000 ft
Vitesse de croisière	M 0.78 / 823 km/h
Vitesse max	M 0.82 / 876 km/h
Moteur	CF 56-7B27
Poussée maxi	121.4 kN
Distance de décollage en ISA au niveau de la mer	1,750 M
Rayon d'action pleine charge	3,265 NM

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

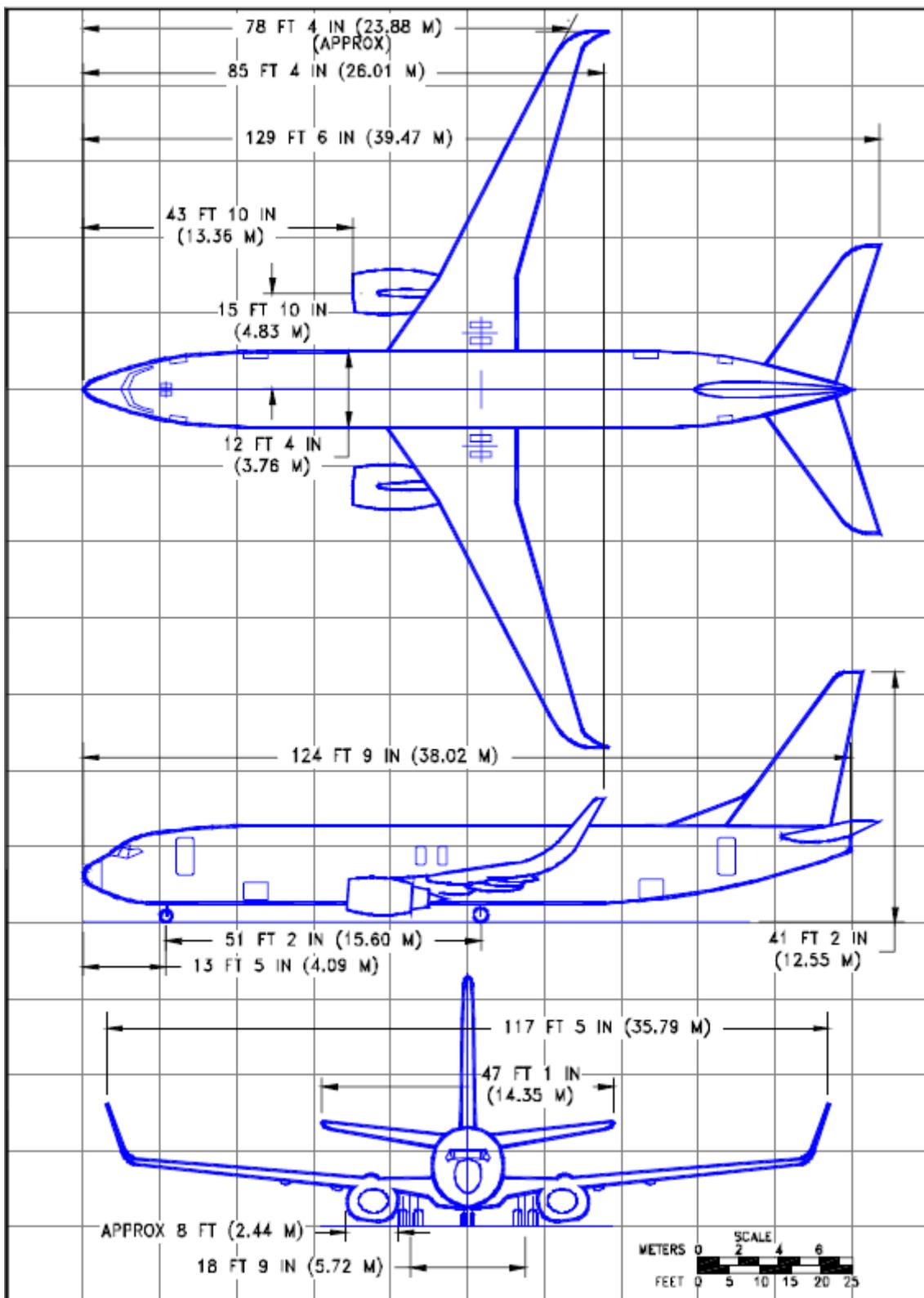


Figure I-5: Arrangement général et les premières dimensions pour une configuration avec winglets B737-800

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

I.1	Présentation de la compagnie :.....	17
I.1.1	Historique :.....	18
I.1.2	Structure de l'organisation :.....	19
I.1.3	Organisation de l'ensemble de la compagnie aérienne TAL (Figure1) :.....	20
I.1.4	Organisation générale de la Direction Exploitation (Figure2) :.....	21
I.1.4.1	Politique de TASSILI AIRLINES :.....	22
I.1.4.2	Ressources humaines :.....	22
I.1.4.3	Les services de TASSILI AIRLINES :.....	22
I.1.4.4	Activités :.....	23
I.1.4.5	Partenariats :.....	23
I.2	La flotte exploitée par la compagnie aérienne :.....	24
I.2.1	Boeing 737-800 :.....	25
I.2.2	Bombardier DASH 8-Q400 :.....	25
I.2.3	Bombardier DASH 8-Q200 :.....	25
I.2.4	Beechcraft 1900D :.....	25
I.2.5	Cessna 208 G/C :.....	25
I.3	Présentation du Boeing 737-800 :.....	26
I.3.1	Présentation du constructeur Boeing :.....	26
I.3.2	Histoire de Boeing :.....	26
I.3.3	Production d'avions civils :.....	27
I.3.3.1	Anciennement produit :.....	27
I.3.3.2	En production :.....	27
I.3.4	Le Boeing 737-800 :.....	28
I.3.4.1	La famille 737 :.....	28
I.3.4.2	Présentation détaillée 737-800 :.....	28
1)	Fiche technique (Tableau 7) :.....	28
2)	Dimensions (Tableau 8):.....	29
3)	Performance (Tableau 9) :.....	29
	Figure I-1: Organisation de l'ensemble de la compagnie aérienne TAL [8].....	20
	Figure I-2: Organisation générale de la Direction Exploitation [8]	21
	Figure I-3:Dash8-Q400 [11].....	24
	Figure I-4:Arrangement général et les premières dimensions pour une configuration avec winglets B737-800	30

Chapitre I : Présentation de la compagnie et de l'avion B737-800W

Tableau I-1:Tassili Airlines Flotte [11].....	24
Tableau I-2:Boeing 737-800 [8].....	25
Tableau I-3: Bombardier DASH 8-Q400	25
Tableau I-4: Bombardier DASH 8-Q200	25
Tableau I-5:Beechcraft 1900D	25
Tableau I-6: Cessna 208 G /C	25
Tableau I-7: Fiche Technique [8].....	28
Tableau I-8: Dimensions [8]	29
Tableau I-9: Performance.....	29

Chapitre II

Notions et Définitions d'Atterrissage

Chapitre II : Notions et définitions d'Atterrissage

II.1 La réglementation :

Deux cadres réglementaires pour la navigabilité et l'exploitation :

Navigabilité : les performances de l'avion doivent être conformes aux exigences réglementaires en matière de certification et doivent figurer dans le manuel de vol. (Certification des aéronefs) (OACI annexe 8, JAR 25). [5]

Exploitation : chaque entreprise établit son propre manuel d'exploitation qui doit être conforme aux règlements d'exploitation et déposé auprès de l'Autorité. (Condition d'utilisation des aéronefs) (OACI annexe 6, JAR OPS 1). [5]

II.2 Limitations opérationnelles :

Définitions :

Pendant le fonctionnement de l'avion, la cellule doit mettre fin aux forces générées par des sources telles que le (s) moteur (s), les charges aérodynamiques et les forces d'inertie. Dans l'air calme, quand l'avion manœuvre, ou pendant la turbulence de vol, les facteurs de charge (n) apparaissent et cela augmente les charges sur l'avion. Cela conduit à l'établissement de maximum poids et vitesses maximales. [6]

Ensemble des limites (performances, infrastructures, résistances structurales et réglementations) à respecter pour la détermination des masses et vitesses de l'avion dans les différentes phases (décollage, montée, croisière...) de son exploitation.

NB : La réglementation du Transport Aérien stipule que les performances des avions doivent être calculées en Tenant compte de la panne du moteur critique en tout point du vol, depuis le décollage jusqu'à l'atterrissage, remise des gaz incluse. [6]

II.3 Limitation avion

II.3.1 Les vitesses limitatives :

a- La vitesse de décrochage (V_s)

Le décrochage est une perte de portance causée par la ventilation du flux d'air sur l'aile lorsque l'angle d'attaque passe un point critique ou à un angle d'attaque fixe, lorsque la vitesse dépasse une valeur critique. [6]

Chapitre II : Notions et définitions d'Atterrissage

La vitesse de l'air augmente sur l'aile avec l'angle d'attaque, il s'ensuit que la pression de l'air diminue et, par conséquent, le coefficient de portance augmente. Cela peut être vu sur la partie bleue de la figure ci-dessous:

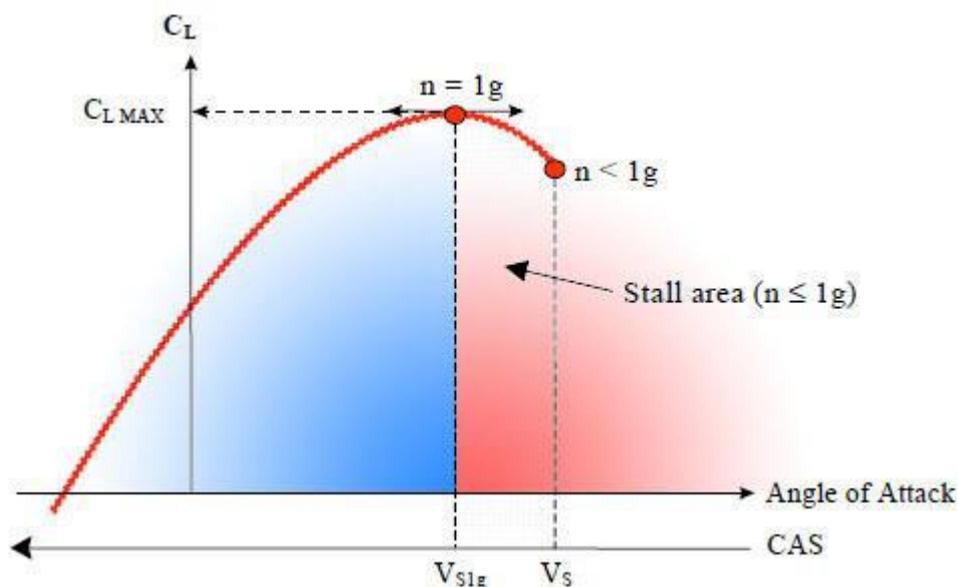


Figure II-1: C_L en fonction d'angle d'attaque.

Le coefficient de portance C_L augmente jusqu'à ce qu'il atteigne le point de portance maximal (C_{LMAX}). À partir de ce point, le coefficient de portance subit une diminution soudaine.

Cette occurrence est appelée décrochage et deux vitesses peuvent être identifiées

- V_{S1g} , qui correspond au coefficient de portance maximal, lorsque le facteur de charge (n) est égal à un.
- V_S , qui correspond au décrochage conventionnel, lorsque le facteur de charge est déjà inférieur à un.

b- Vitesse minimale de contrôle en air (V_{MCA})

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 maintenir un vol rectiligne soit avec un dérapage nul, soit avec une inclinaison inférieure à 5° (figure II.3). (JAR 25.149). [5]

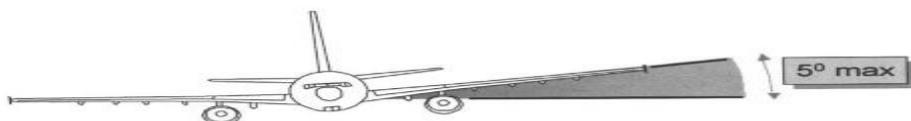


Figure II-2:vitesse minimale de contrôle en air.

Détermination de V_{MCA} :

- Masse maximale au lâcher des freins ou tout autre si nécessaire.
- Centrage le plus favorable.
- Train rentré.
- Efforts sur le palonnier inférieur à 667.5 Newton.
- Vérifier que $V_{MCA} \leq 1.2 V_S$.

c-Vitesse minimale à l'approche et à l'atterrissage (V_{MCL})

V_{MCL} "est la vitesse aérodynamique calibrée à laquelle, lorsque le moteur critique est soudain rendu inopérant, il est possible de maintenir le contrôle de l'aéronef avec ce moteur toujours inopérant, et de maintenir un vol droit avec un angle d'au plus 5 °" (JAR25.149). [6]

La condition d'établissement de la V_{MCL} peut être consultée dans l'appendice 1 - JAR 25.149. Pour les aéronefs ayant trois moteurs ou plus, une vitesse minimale à l'approche et à l'atterrissage avec un moteur critique en panne - V_{MCL} - est également déterminée. Les conditions d'établissement de V_{MCL} sont indiquées à l'appendice A - JAR 25.149. [6]

d- Vitesse des freins (V_{MBE})

Elle est notée V_{MBE} (de l'anglais Maximum Braking Energy). Au-delà de cette vitesse, l'énergie cinétique dépasse les capacités d'absorption et de refroidissement des freins.

Elle dépend de la masse, de l'altitude-pression, de la température et du vent effectif.

Note : Après chaque usage des freins (arrêt du décollage ou atterrissage) il est nécessaire de prévoir un temps d'escale minimum pour leur refroidissement.

II.3.2 Les masses structurales :

II.3.2.1 Masse avion

Un certain nombre de masses sont associées à un avion de transport public et apparaissent dans le calcul des limitations, ces masses sont définies par les règlements

a) Masse de base (DOW)

Cette masse est actualisée d'une façon permanente par les compagnies aériennes. Elle varie en fonction de la variation de la masse vide de l'avion (vieillesse), de la composition équipage et de la composition du commissariat selon le vol effectué.

Cette masse actualisée est indiquée à l'équipage avant chaque départ.

Masse avion vide + masse équipage + masse commissariat

b) Masse sans carburant (ZFW)

Est la masse obtenue après l'ajout de la charge marchande (passagers, bagages, frets).

c) Masse à l'atterrissage (LW)

La masse d'atterrissage à l'aéroport de destination, elle égale à la masse sans carburant plus les réserves.

d) Masse de décollage (TOW)

La masse de décollage à partir de l'aéroport du départ, elle égale la masse d'atterrissage à l'aéroport de destination plus le carburant nécessaire à l'étape de vol [7]

$TOW = DOW + \text{charge marchande} + \text{réserves carburant} + \text{carburant d'étape}$.

$LW = DOW + \text{charge marchande} + \text{réserves carburant}$.

$ZFW = DOW + \text{charge marchande}$.

II.3.2.2 Masses maximales de structure

1) Masse maximale de structure au lâcher des freins (MMSLF)

Ne doit pas dépasser une valeur limite calculée en fonction de la résistance de la structure et en particulier de celle du train d'atterrissage qui doit pouvoir subir une vitesse verticale de -1,83m/s ou 360ft/mn.

Cette limite est calculée au moment où l'avion est aligné sur la piste et les moteurs mis en puissance.

Dans tous les cas on devra avoir : Masse réelle au lâcher des freins \leq MMSLF

Chapitre II : Notions et définitions d'Atterrissage

2) Masse maximale de structure à l'atterrissage (MMSA)

La réglementation impose que la structure, notamment trains et amortisseurs, puisse encaisser des efforts d'inertie correspondant à une vitesse verticale de -3.05 m/s ou -600 ft/mn .

Si d est le délestage prévu, c'est-à-dire la quantité de carburant prévue pour effectuer le vol depuis le lâcher des freins jusqu'à l'atterrissage nous devons avoir :

$$\text{Masse réelle au lâcher des freins} \leq \text{MMSA} + d$$

3) Masse maximale sans carburant (MMSC)

Un avion ne volera jamais sans carburant, mais dans la phase terminale d'un vol cette quantité tendra vers zéro. La sécurité devant être assurée durant tout le vol il faudra tenir compte de cette situation. [2]

Soit un avion en vol sans carburant, transportant une masse m :

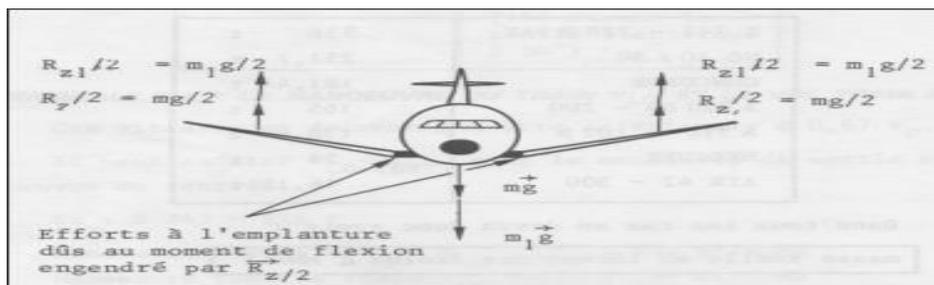


Figure II-3: les efforts appliqués sur la cellule d'avion.

Si on augmente la charge dans la cellule nous aurons une masse m_1m , soit $R_{z1}R_z$, d'où des efforts à l'emplanture plus importants pouvant alors dépasser les efforts de résistance des longerons et entraîner la déformation de l'assemblage aile/cellule.

Par conséquent, il faudra limiter la valeur de m lorsqu'il n'y aura pas de carburant dans la voilure, cette valeur limite est appelée masse maximale sans carburant MMSC.

Soit m_b la masse de l'avion équipé pour faire une ligne (masse de base), la charge maximum qui pourra être embarquée sera : $C/o_{MAX} = \text{MMSC} - m_b$

II.3.3 Les distances :

1. -Longueur d'accélération-arrêt utilisable (ASDA accélérate stop distance available) : longueur de roulement au décollage utilisable, à laquelle s'ajoute éventuellement le prolongement arrêt.
2. -Longueur de décollage utilisable (TODA : take off distance available) : longueur de roulement au décollage utilisable, à laquelle s'ajoute éventuellement le prolongement dégagé utilisable.
3. -Longueur de roulement au décollage utilisable (TORA : take off run available) : longueur de piste décalée utilisable par l'autorité appropriée et adaptée au roulage au sol de l'avion en phase de décollage.
4. -Longueur d'atterrissage utilisable (LDA : landing distance available) : longueur de piste déclarée utilisable par l'autorité appropriée et adaptée au roulage au sol d'un avion lors de l'atterrissage. [7]

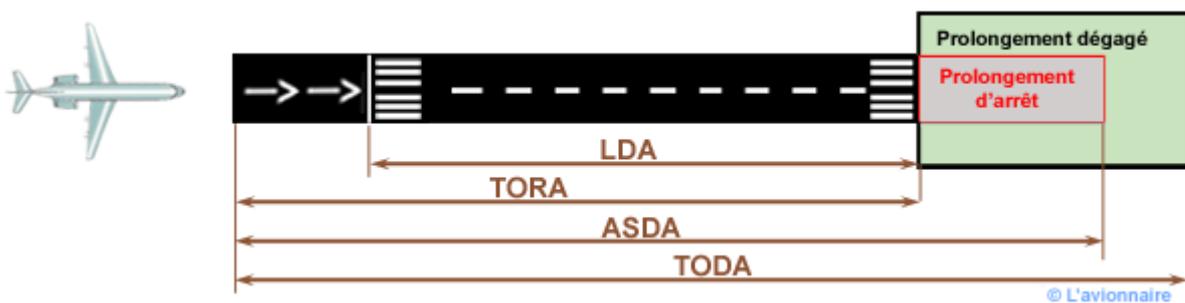


Figure II-4:Données de piste (distances)

II.4 Limitations atterrissage

II.4.1 La trajectoire de l'atterrissage

La trajectoire de l'atterrissage se décompose en deux phases :

- Une phase aérienne.
- Une phase de roulage au sol
- La phase d'approche interrompue (doit être prise en compte pour les performances).

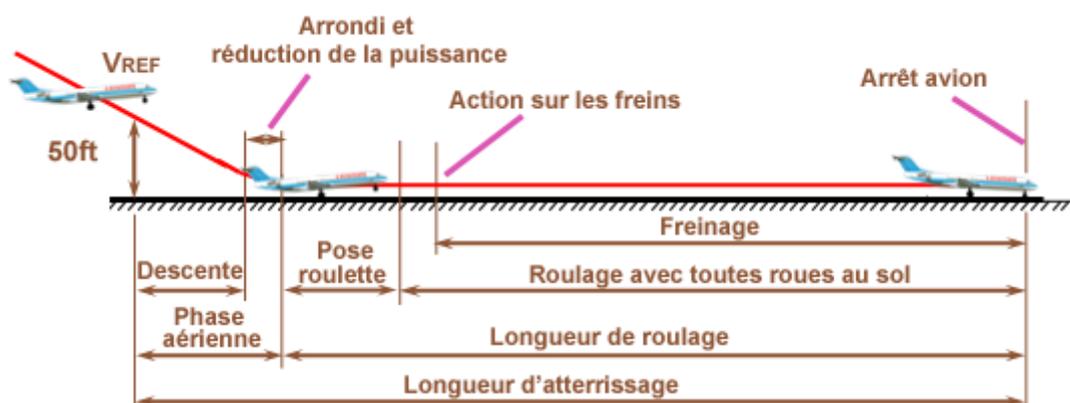


Figure II-5: Trajectoire de l'atterrissage

II.4.2 Performance d'atterrissage

II.4.2.1 Vitesse opérationnel

a) Vitesse sélectionnable la plus basse (VLS)

En règle générale, lors de l'atterrissage, les pilotes doivent maintenir une approche stabilisée avec une vitesse ancrée d'au moins VLS jusqu'à une hauteur de 50 pieds au-dessus de l'aéroport de destination. VLS est défini comme $1.23 V_s$ de la configuration actuelle (pour les avions fly-by-wire) [6]

b) vitesse d'approche finale (VFA) :

La vitesse d'approche finale, ou VFA, est la vitesse de l'aéronef pendant l'atterrissage, à 50 pieds au-dessus de la surface de la piste. Les volets / lamelles sont en configuration d'atterrissage et les trains d'atterrissage sont étendus VFA est défini comme suit:

- VLS pour l'atterrissage manuel
- VLS +5kt pour l'atterrissage automatique CAT II /CAT III. [6]

c) vitesse de référence (Vref)

Cette vitesse est utilisée comme référence pour les calculs de performances d'urgence en vol lorsqu'une anomalie ou une défaillance du système est vérifiée. VREF signifie la vitesse d'atterrissage stable au point de 50 pieds pour une approche complète de configuration. [6]

II.4.2.2 Piste

a) Distance d'atterrissage disponible (LDA)

Lorsqu'il n'y a pas d'obstacle sous la trajectoire d'atterrissage, la distance d'atterrissage disponible est égale à TORA, sinon cette distance doit être réduite en définissant un seuil en considérant une tangente de 2% à l'obstacle le plus pénalisant plus une marge de 60 m (figure II.4). [6]

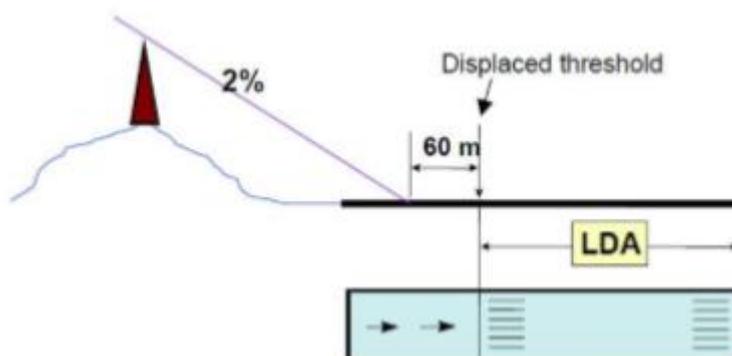


Figure II-6: Influence de l'obstacle sur l'LDA

Dans ce cas, la distance d'atterrissage disponible (LDA) est égale à la longueur mesurée entre le seuil déplacé et la fin de la piste. Cette valeur est spécifiée pour chaque piste.

b) Distance réelle d'atterrissage (ALD)

1) Atterrissage manuel

La distance d'atterrissage réelle est la distance mesurée entre un point situé à 50 pieds au-dessus du seuil de piste et le point où l'arrêt complet de l'aéronef est atteint (figure II.7) [6]

Chapitre II : Notions et définitions d'Atterrissage

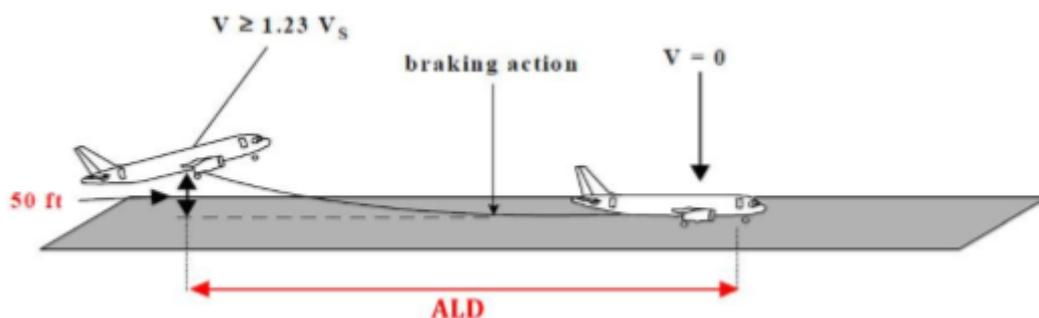


Figure II -7: Distance d'atterrissage réelle.

Il est entendu que :

- Le pilote applique un freinage maximal avec le système anti dérapage opérationnel.
- Les spoilers au sol fonctionnent.
- Aucun crédit de poussée inverseur n'est considéré.

Comme dans la situation de décollage, les données de distance d'atterrissage doivent comprendre des facteurs de correction pour au plus 50% des composantes de vent nominales sur la trajectoire d'atterrissage opposée à la direction d'atterrissage et au moins 150% la direction d'atterrissage.

2) Atterrissage automatique

Pour un atterrissage automatique et sur une piste sèche, ALD est défini comme suit:

$$ALD = D_a + D_g.$$

Où D_a est la phase de distance en vol (voir Figure II.6) et D_g la distance parcourue pendant la phase de rôle au sol (voir Figure II.7).

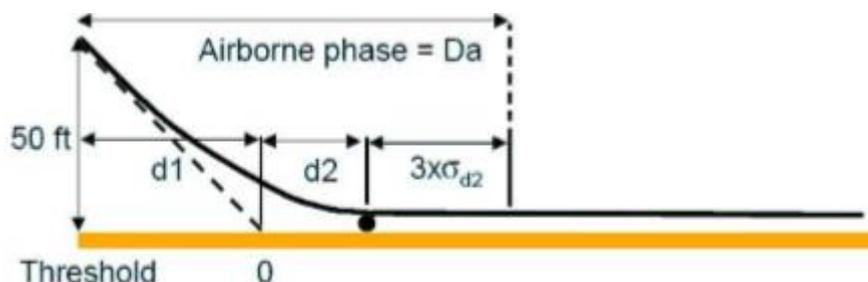


Figure II-8: Phase aéroportée pour un atterrissage automatique D_a .

La distance de phase aéroportée (D_a) correspond à la somme de d_1 et d_2 plus trois fois l'écart type de d_2 , où d_1 est la distance entre le seuil de piste et l'origine de l'alignement de descente et d_2 est la distance entre l'origine et la moyenne point de toucher. L'écart-type a été établi statistiquement à partir des résultats de plus d'un millier d'atterrissages automatiques.

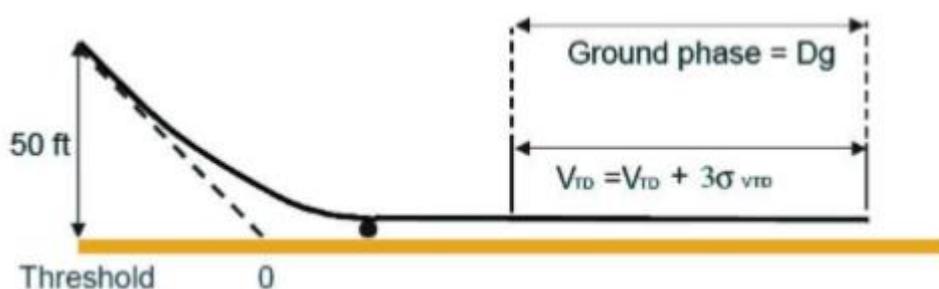


Figure II-9:Phase de rôle au sol pour un atterrissage automatique D_g .

La phase au sol (D_g) pour un atterrissage automatique est établie de la même façon que pour l'atterrissage manuel, en supposant une vitesse d'atterrissage égale à la vitesse de toucher moyenne (V_{TD}) plus trois fois l'écart type de cette vitesse.

b) Distance d'atterrissage requise (RLD)

La distance d'atterrissage requise (RLD) est déduite de l'ALD démontré en appliquant un coefficient de marge qui dépend de l'état de la piste, du type d'atterrissage (manuel ou automatique) et de la régulation. Avant le départ, les opérateurs doivent vérifier que la LDA à destination est au moins égale à la distance d'atterrissage requise (RLD) pour la masse et les conditions d'atterrissage prévues:

$$RLD \leq LDA$$

On suppose que l'aéronef atterrira sur la piste la plus favorable, compte tenu de la vitesse, de la direction et des autres conditions probables du vent, comme les aides à l'atterrissage et le terrain (JAR-OPS 1.515 (c)). Les opérateurs doivent prendre en compte la pente de la piste lorsque sa valeur est supérieure à $\pm 2\%$, sinon elle est considérée comme nulle. [6]

1) Atterrissage manuel

-Surface sèche,

La régulation définit les distances d'atterrissage requises comme la distance d'atterrissage réelle divisée par 0,6.

$$LDA \geq LD_{\text{sèche}} / 0,6$$

Chapitre II : Notions et définitions d'Atterrissage

-surface mouillée,

La distance d'atterrissage requise doit être d'au moins 115% de celle d'une surface sèche.

$$LDA \geq 1.15 \times LD_{\text{sèche}} / 0.6$$

-pistes contaminées,

La distance d'atterrissage requise doit être de 115% de la distance d'atterrissage déterminée conformément aux données approuvées sur la distance de piste contaminée (ALD pour piste contaminée) et supérieure à celle requise pour l'état humide.

Le constructeur doit fournir des performances d'atterrissage pour la vitesse V à 50 pieds au-dessus de l'aéroport, de telle sorte que

Dans certains cas de pistes contaminées, le fabricant peut fournir des instructions détaillées, telles que celles sur l'utilisation des antidérapants, des inverseurs, des aérofreins ou des spoilers. Et, dans les cas les plus critiques, l'atterrissage peut être interdit. [7]

2) Atterrissage automatique

En ce qui concerne le cas d'atterrissage automatique, selon la réglementation, la distance d'atterrissage requise est définie comme la distance d'atterrissage réelle (ALD) en atterrissage automatique multipliée par 1,15.

Cette distance doit être conservée pour un atterrissage automatique lorsque celui-ci est supérieur à la distance d'atterrissage requise en mode manuel

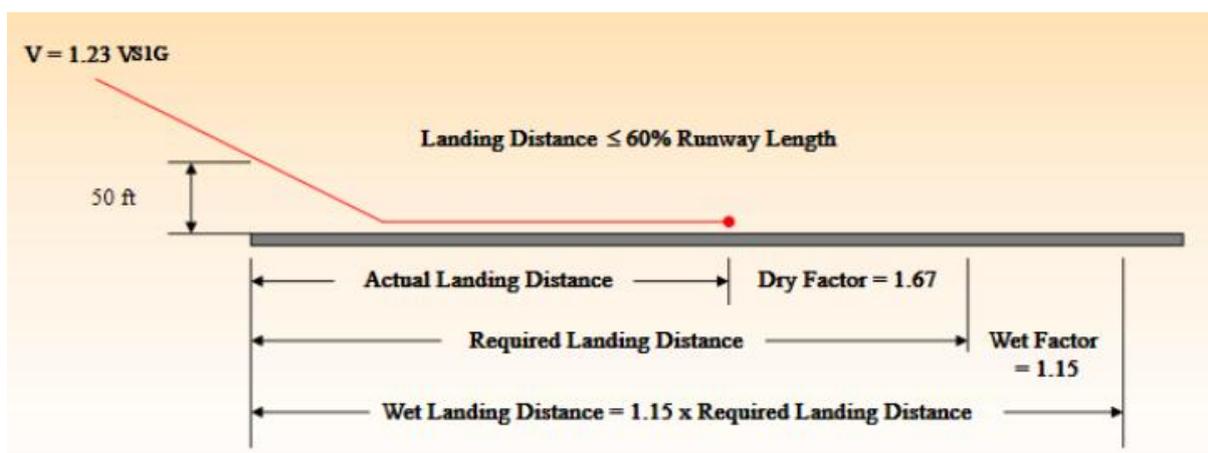


Figure II-10: Distance d'atterrissage

Chapitre II : Notions et définitions d'Atterrissage

c) Pente de la piste

Une pente positive augmente la capacité d'arrêt de l'avion et, par conséquent, diminue la distance d'atterrissage. Une pente descendante entraîne l'inverse, augmentant la distance d'atterrissage

II.4.2.3 Exigence de l'Approche interrompue Go-around

L'approche interrompue souvent appelée remise des gaz (Go around en anglais) est une procédure d'interruption de l'atterrissage dans la phase d'approche finale de la piste.

Les raisons provoquant une remise de gaz peuvent être multiples :

- conditions météorologiques
- panne ne permettant pas l'atterrissage
- piste occupée par un autre avion ou un véhicule...etc.

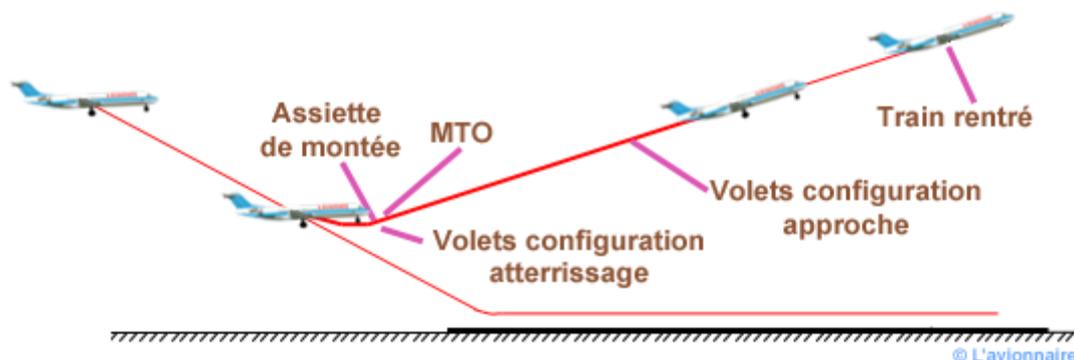


Figure II-11: L'approche interrompue

Lors d'une remise de gaz, le pilote tire légèrement sur le manche pour afficher l'assiette de montée, puis affiche la puissance ou la poussée en MTO (maximum Take-off) et commande les volets en configuration approche si ceux-ci étaient en position atterrissage. Dès que le variomètre est positif le pilote commande la rentrée du train d'atterrissage. Les performances pour la remise de gaz sont déterminées de 2 façons:

1)- Sans panne moteur :

- les moteurs à la puissance de décollage MTO
- Train sorti
- Volets configuration atterrissage
- La pente de montée stabilisée doit être au moins égale à 3,2% .
- La puissance ou poussée de décollage doit être disponible huit secondes après le mouvement

Chapitre II : Notions et définitions d'Atterrissage

de passage des manettes plein ralenti à la puissance de remise de gaz MTO.

-La vitesse de montée ne doit pas dépasser V_{REF} .

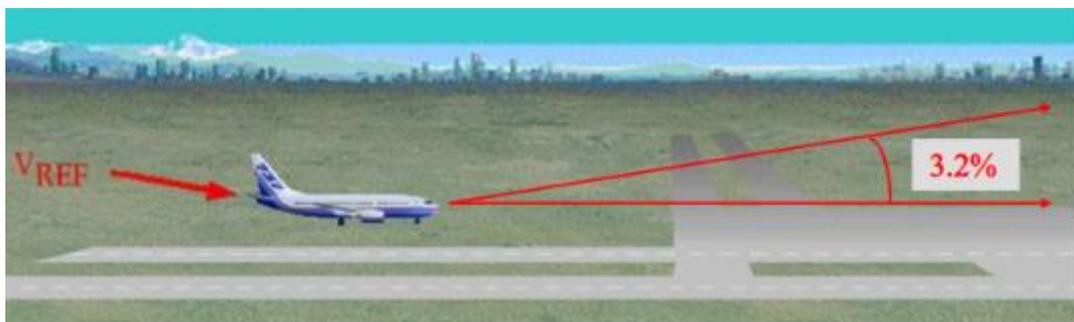


Figure II-12:landing climb

2)- Avec panne moteur :

- le moteur critique en panne
- le ou les moteurs restant à la puissance ou poussée de décollage MTO
- le train d'atterrissage rentré
- les volets en position d'approche avec une vitesse V_S pour cette configuration ne dépassant pas 110% de V_S en configuration d'atterrissage avec tous les moteurs en fonctionnement.

La pente de montée stabilisée ne doit pas être inférieure à :

- 2,1% pour les bimoteurs
- 2,4% pour les trimoteurs
- 2,7% pour les quadrimoteurs
- avec une vitesse de montée établie dans le cadre des procédures normales d'atterrissage, mais pas plus de 1,5 de V_S

Dans des conditions de givrage la remise de gaz peut se faire avec une vitesse supérieure à V_{REF} .



Figure II-13:approche climb

II.4.2.4 Paramètres influents sur les performances de l'atterrissage : (tableau 1)

- **Température** : Un accroissement de la température diminue la masse volumique de l'air ambiant et les performances de la motorisation. Il en résulte une diminution de la pente de remise des gaz.
- **Altitude pression** : Un accroissement de l'altitude pression diminue la masse volumique de l'air ambiant et les performances de la motorisation. Il en résulte un accroissement de la distance d'atterrissage et une diminution de la pente de remise des gaz.
- **Vent** : Le vent a une influence sur la distance d'atterrissage. Les facteurs de corrections ne doivent pas dépasser 50% du vent de face et 150% du vent arrière.
- **Braquage des volets** : Une diminution du braquage entraîne une augmentation de la vitesse de décrochage donc de la vitesse au passage des 50ft, ce qui engendre une augmentation de la distance d'atterrissage. Par contre le coefficient de traînée C_x diminuera et les pentes en cas de remise de gaz seront améliorées. [7]

Chapitre II : Notions et définitions d'Atterrissage

Tableau II-1: performance d'atterrissage

Augmentation du paramètre		Distance atterrissage	Performances en RMG	Observations : (si= sans influence)
Température		SI	↘	La détermination de la d_{att} est faite en STD. Réacteurs : si T ↗ poussée ↘
Altitude-pression		↗	↘	Si $Z_p \rightarrow \delta \rightarrow$ il faut donc que $V_p \rightarrow$ Réacteurs : si $\rho \searrow$ Poussée \searrow
V E N T	Debout	↘	S.I sur pentes brutes air exigées	50% de la composante _____ est pris en compte 150% de la composante
	Arrière	↗		
	Travers	SI		
Nature / état de piste		↗	SI	Consignes dans manuel pour corrections à appliquer
Paramètre d'air condition /antigivrage		SI	↘	Diminution poussée réacteur
Volets		↘	↘	

Chapitre II : Notions et définitions d'Atterrissage

Chapitre II	31
Notions et Définitions d'Atterrissage.....	31
II.1 La réglementation :.....	32
II.2 Limitations opérationnelles :	32
II.3 Limitation avion	32
II.3.1 Les vitesses limitatives :.....	32
II.3.2 Les masses structurales :	35
II.3.2.1 Masse avion	35
II.3.2.2 Masses maximales de structure.....	35
II.3.3 Les distances :	37
II.4 Limitations atterrissage.....	38
II.4.1 La trajectoire de l'atterrissage.....	38
II.4.2 Performance d'atterrissage	38
II.4.2.1 Vitesse opérationnel.....	38
II.4.2.2 Piste.....	39
II.4.2.3 Exigence de l'Approche interrompue Go-around.....	43
II.4.2.4 Paramètres influents sur les performances de l'atterrissage : (tableau 1)....	45
Figure II-1:CL en fonction d'angle d'attaque.	33
Figure II-2:vitesse minimale de contrôle en air.....	34
Figure II-3:les efforts appliqués sur la cellule d'avion.....	36
Figure II-4:Données de piste (distances).....	37
Figure II-5:Trajectoire de l'atterrissage	38
Figure II-6: Influence de l'obstacle sur l'LDA	39
Figure II-7:Distance d'atterrissage réelle.....	40
Figure II-8:Phase aéroportée pour un atterrissage automatique Da.	40
Figure II-9:Phase de rôle au sol pour un atterrissage automatique Dg.	41
Figure II-10:Distance d'atterrissage	42
Figure II-11: L'approche interrompue	43
Figure II-12:landing climb	44
Figure II-13:approche climb.....	44

Chapitre III

Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

III.1 Introduction

Le calcul des performances à l'atterrissage fait partie du travail des équipages, au cours de la préparation du vol, avant le départ, mais aussi pendant le vol, lors de la préparation de l'arrivée. Le décollage est optionnel mais l'atterrissage est obligatoire !

Il est donc de la plus grande importance de vérifier, avant le départ et avant l'atterrissage, que notre avion est effectivement capable de respecter les limites fixées par la réglementation, notamment en ce qui concerne l'utilisation des pistes d'atterrissage et la remise des gaz.[4]

III.2 Les calculs des performances à partir du FPPM

Ces calculs sont effectués à partir de mesures faites aux essais par le constructeur. Elles constituent les Performances Certifiées de l'avion pour toutes les phases de vol. On les trouve, pour certaines, dans le FCOM, mais le plus souvent maintenant, elles sont intégrées dans des logiciels de calcul mis à la disposition des exploitants et de leurs équipages.

Dans le travail quotidien des équipages, cela revient à déterminer, pour chaque phase de vol, quelle est la masse maximum possible en fonction des conditions du jour (la configuration de l'avion, l'infrastructure des aéroports, le relief à proximité des aéroports et sur la route prévue, les conditions météorologiques prévues, etc...)

Pour l'atterrissage, il faudra déterminer la masse maxi possible, qui sera la plus faible de :

- Masse maxi Structure
- Masse maxi Piste
- Masse maxi Remise des Gaz

Remarque : Il est interdit de décoller à une masse qui, diminuée du délestage de l'étape, conduirait à Atterrir à une masse supérieure à la limitation atterrissage [10]

III.2.1 Limitations structurales

Les limitations structurales sont définies par le constructeur de l'avion en fonction des calculs de résistance des matériaux qui ont été élaborés lors de la conception de l'avion. Elles peuvent être « customisées » suivant les demandes des exploitants, en modifiant certains éléments de la structure.

[Option - Typical 737-800]

Weights	Pounds / Kilograms
Maximum Taxi Weight	156,000 / 70,760
Maximum Takeoff Weight	155,500 / 70,533
Maximum Landing Weight	144,000 / 65,317
Maximum Zero Fuel Weight	136,000 / 61,688

Tableau III-1: les différentes limitations structurales du B737-800

Il est donc important de les lire avant chaque voyage, en particulier le poids maximal à l'atterrissage qui s'applique à l'avion utilisé. Il est, bien sûr, interdit d'atterrir sur une masse supérieure à cette valeur, sauf en cas de force majeure.

Ce sera le cas lorsque la liste de vérification d'urgence se terminera par les mots « Land at the next suitable airport » [4]

III.2.2 LIMITATION PISTE

Le premier impératif est de s'assurer que nous pouvons arrêter l'avion avant la fin de la piste. Pour cette limitation, la panne de moteur aura peu d'effet. Cependant, sur le B737-800, atterrir avec le moteur cassé, c'est une configuration à 15 volets qui sera recommandée par la liste d'urgence, ce qui peut affecter la piste particulièrement courte.

Tout d'abord, nous verrons les conditions dans lesquelles la performance est établie, ce qui nous permettra de déterminer la contrainte liée à l'échelle (sa longueur, son altitude, et les conditions météorologiques du jour).

III.2.2.1 Distance d'atterrissage

Les performances basées sur les mesures effectuées pendant l'essai dépendent du constructeur Conditions qui déterminent la distance d'atterrissage :

- L'avion doit survoler le seuil de piste à 50 ft, à une vitesse au moins égale à 1,3Vs correspondant à la masse et à la configuration retenue
- Le plan de descente entre le seuil et le point de toucher doit être de 5% ou 3°
- Le toucher doit se faire avec une vitesse verticale de 600 ft/mn maximum
- Le freinage est réalisé au maximum des possibilités de l'avion, avec les seuls moyens homologués : sur piste sèche ou mouillée, les reverses ne sont pas prises en compte. [4]

Distance d'atterrissage AB

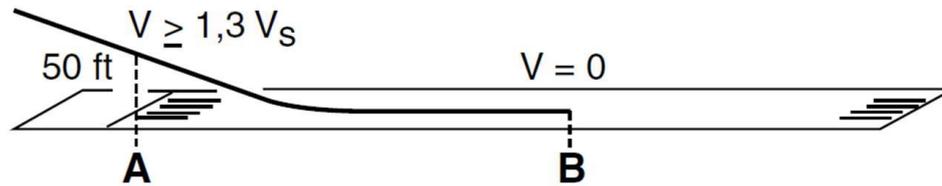
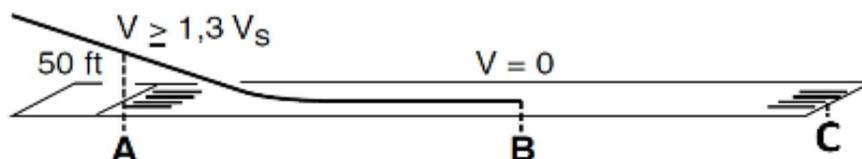


Figure III-1: distance d'atterrissage AB

III.2.2.2 Longueur de piste nécessaire

La réglementation prévoit que la distance d'atterrissage ainsi calculée ne doit pas représenter plus de 60% de la longueur de piste utilisable à l'atterrissage LDA.

Autrement dit, pour trouver la longueur minimale de la piste, il faudra multiplier la distance d'atterrissage déterminée grâce aux essais par $100 / 60 = 1,67$, ce qui représente une marge très importante de 67%.



Longueur de piste minimale AC

$$AB \leq 60\% \text{ de } AC \rightarrow AC \geq 1,67 \times AB$$

Figure III-2: Longueur de piste AC

Les constructeurs sont, bien sûr, tenus de donner aux exploitants les moyens de calculer facilement cette limitation. C'est le FCOM qui permettra de le faire, même si, de plus en plus souvent maintenant, c'est sous forme informatique que ces calculs sont effectués.

Voici un diagramme qui permet de déterminer la limitation piste à l'atterrissage du B737-800, en configuration volets 40, avec le système anti-patinage Antiskid et la sortie automatique des spoilers au toucher des roues.

Landing Field Length Limit

Flaps 40

Based on anti-skid operative and automatic speedbrakes

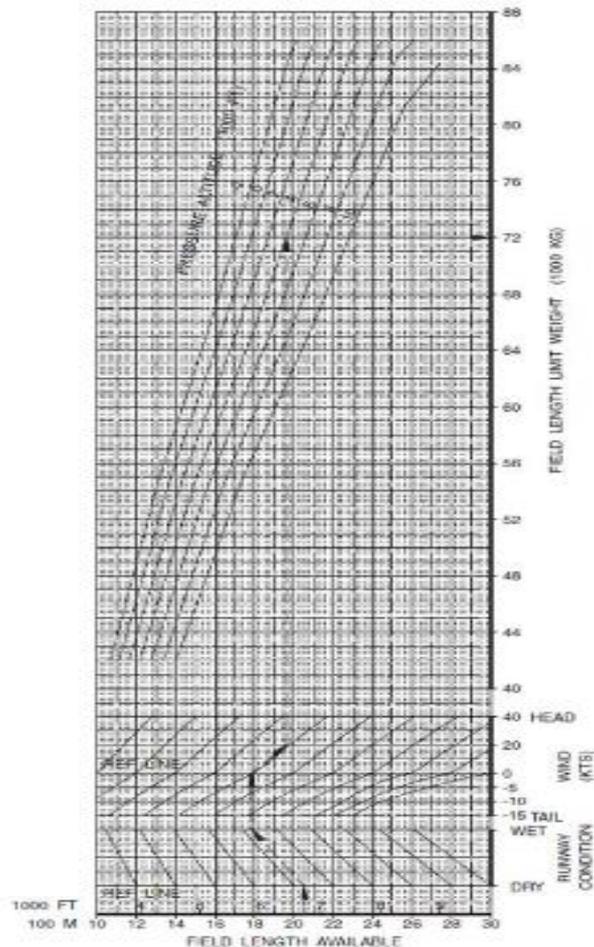


Figure III-3: Graphe détermine la limitation piste à l'atterrissage du B737-800

Ce graphique peut s'utiliser de deux façons :

- 1) En partant d'une masse donnée, on peut déterminer la longueur minimale de la piste .
- 2) En partant de la longueur de piste disponible pour l'atterrissage LDA, on peut déterminer la masse maximum possible.

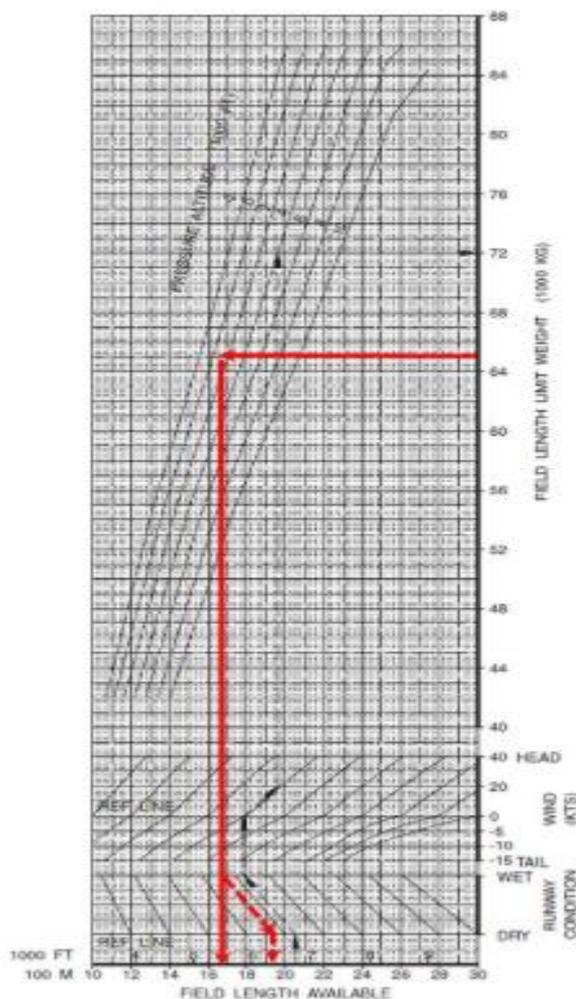
IMPORTANT : il est bien mentionné que ce graphique donne des « Landing Field Length Limit », donc des Limitations de Longueur De Piste, ce qui veut dire que la majoration de 67% est déjà incluse.

D'une façon générale d'ailleurs, pour éviter des erreurs ou des oublis, il est très rare que les équipages aient à effectuer des opérations dans le cadre des calculs de performances...

III.2.2.3 Exemples de calculs

La longueur de piste minimale pour atterrir à la masse maxi structurale MLW de 65,3 tonnes sur un terrain d'altitude pression proche de 1000ft

Landing Field Length Limit
Flaps 40
Based on anti-skid operative and automatic speedbrakes



With manual speedbrakes, decrease field limit weight by 4350 kg.

Figure III-4: graphe d'exemple de calcul LDA

III.2.2.4 Analyse de résultat

On trouve, en considérant qu'il n'y a pas de vent ou en ne prenant pas en compte un éventuel vent de face qui serait favorable, que la LDA minimale est d'environ 1680 m sur piste sèche, à l'épaisseur du trait près. Si la piste est mouillée (trait pointillé), on arrive à environ 1930 m, ce qui correspond bien à une majoration de 15% ($1680 \times 1,15 = 1932$ m).

On peut donc retenir que cet avion peut desservir couramment, jusqu'à la masse maxi atterrissage MLW de 65,3 tonnes, des aérodomes équipés de pistes d'environ 2000 m. [10]

III.2.3 LIMITATION REMISE DE GAZ

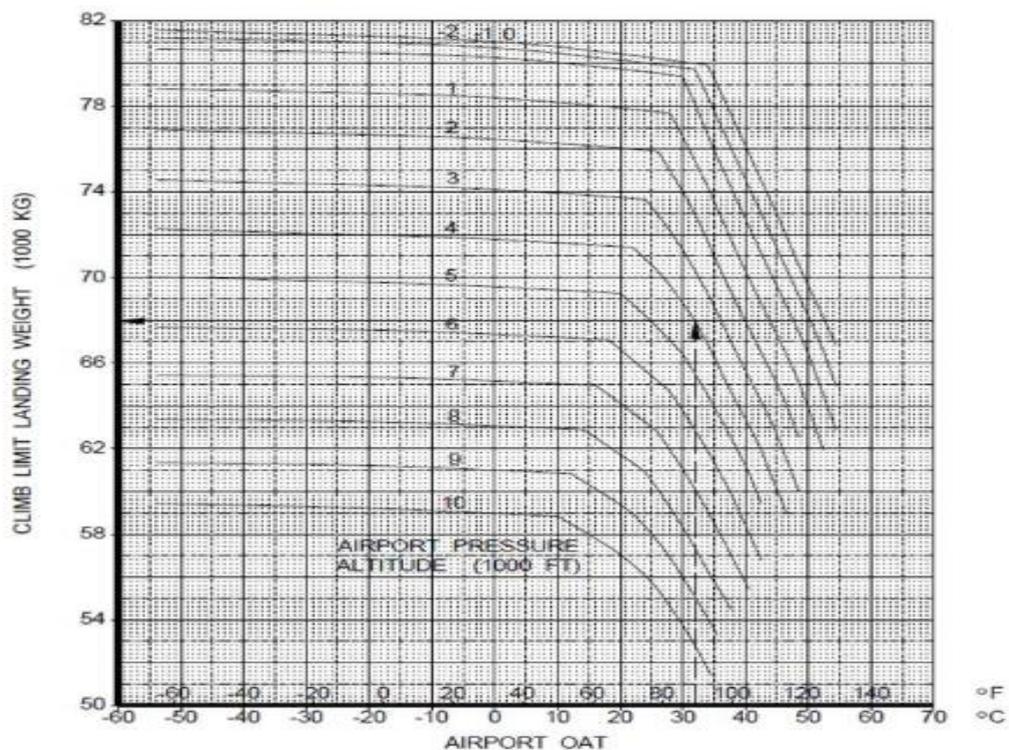
Pour la remise de gaz, la panne d'un moteur aura une incidence très importante sur les performances, exactement comme pour les performances au décollage, lors de la montée initiale.

La température et l'altitude vont avoir une influence prépondérante, ainsi que le braquage des volets.

Pour les avions bimoteurs, la réglementation de certification prévoit que, lors de la remise des gaz, l'avion devra suivre une pente minimale de :

- 3,2 % avec les deux moteurs en fonctionnement, les volets en configuration atterrissage et le train d'atterrissage sorti
- 2,1 % avec un moteur en panne, les volets en configuration approche et le train d'atterrissage rentré.
- Pour les bimoteurs, c'est surtout la deuxième condition qui est limitative. [4]

Landing Climb Limit Weight
Valid for approach with flaps 15 and landing with flaps 30 or 40
based on engine bleed for packs on and anti-ice off



With engine bleed for packs off, increase weight by 1200 kg.
With engine anti-ice on, decrease weight by 300 kg.
With engine and wing anti-ice on, decrease weight by 1400 kg.
When operating in icing conditions during any part of the flight with the forecast landing temperature below 10°C, increase the landing climb limit by 550 kg.

Figure III -5: graphe de limitation remise de gaz

Chapitre III: Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

Voici le graphique donnant la limitation remise de gaz. Les configurations retenues sont volets 30 ou 40 pour la configuration atterrissage, avec les deux moteurs en fonctionnement, et les volets 15 pour la configuration d'approche, avec un moteur en panne.

Cela est dû à une caractéristique des réacteurs que l'on appelle la température de cassure. Jusqu'à cette température, le réacteur délivre sa poussée maxi nominale, 26000 livres pour le CFM56 du B737-800. La légère baisse de la masse maxi est due à l'augmentation de vitesse propre TAS liée à l'augmentation de la température l'impact de cette limitation remise de gaz par rapport à la limitation piste [4]

III.2.3.1 Exemple

Nous cherchons la température correspond à la masse maximale de la structure MLW de 65,3 tonnes sur le top 1000 pieds

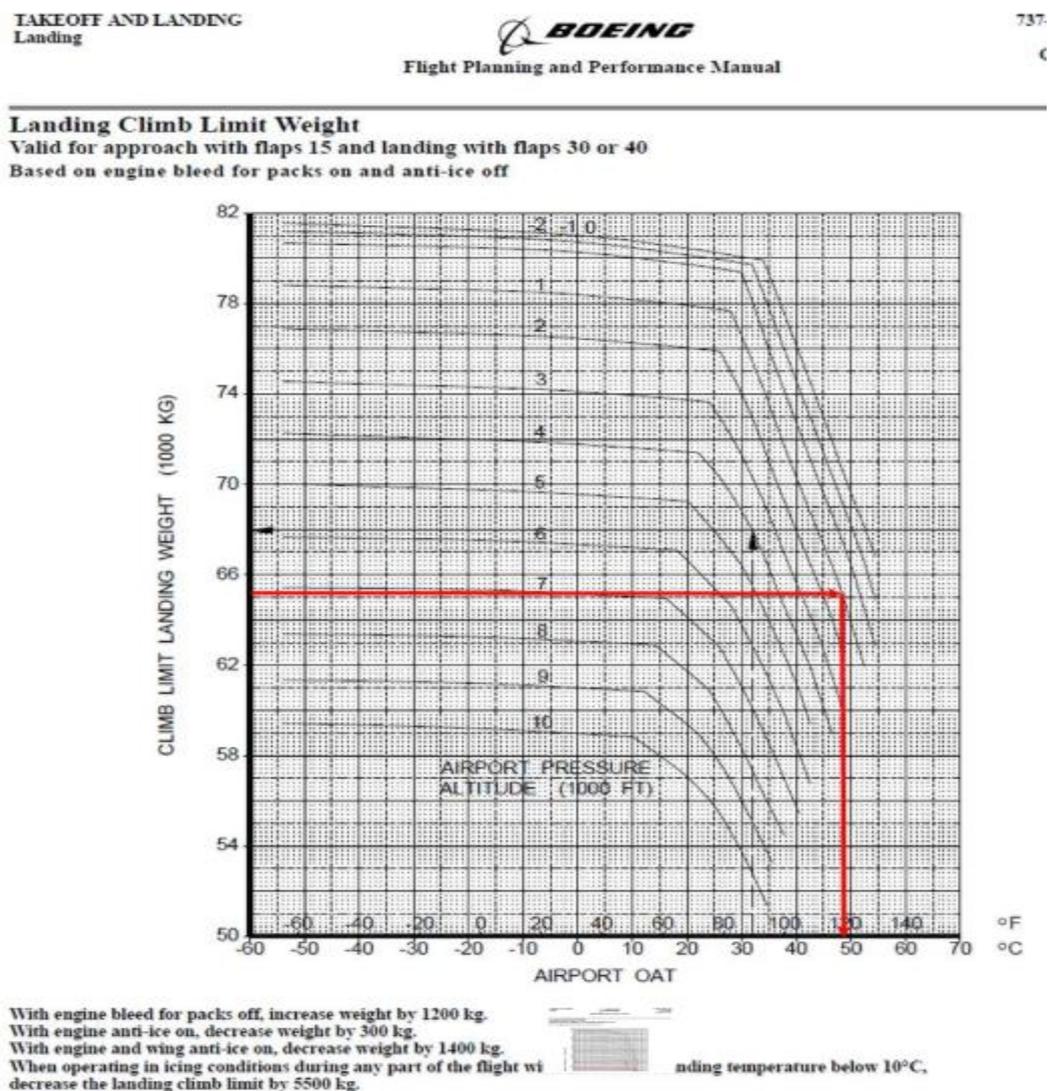


Figure III-6: graphe d'exemple recherche de température

Chapitre III: Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

On trouve que, jusqu'à une température d'environ 49°C, la masse limitative en remise de gaz sera supérieure à la masse maxi structure de 65,3 tonnes. Autant dire qu'à moins d'une canicule extrême, cette limitation remise de gaz ne sera pratiquement jamais limitatif !!!

Les seuls cas où cette limitation pourra devenir prépondérante seront lorsque l'on cumulera altitude et température élevées.

III.2.3.2 Vérification avec les mêmes performances mais issues d'un autre FCOM, sous la forme d'un tableau.

Landing Climb Limit Weight
Valid for approach with Flaps 15 and landing with Flaps 40
Based on engine bleed for packs on and anti-ice off

AIRPORT OAT		LANDING CLIMB LIMIT WEIGHT (1000 KG)					
		AIRPORT PRESSURE ALTITUDE (FT)					
°C	°F	0	2000	4000	6000	8000	10000
50	122	66.4	61.4				
48	118	67.8	62.9				
46	115	69.0	64.4	59.4			
44	111	70.2	65.6	60.8			
42	108	71.5	66.8	62.2	57.1		
40	104	72.7	68.0	63.4	58.4		
38	100	74.0	69.1	64.5	59.7	54.4	
36	97	75.3	70.4	65.7	60.8	55.3	
34	93	76.7	71.7	66.9	61.9	56.3	51.5
32	90	78.1	72.9	68.0	62.9	57.3	52.7
30	86	79.4	74.0	68.8	63.8	58.3	53.7
28	82	79.5	75.0	69.6	64.6	59.2	54.5
26	79	79.5	75.9	70.3	65.2	60.1	55.5
24	75	79.6	75.9	70.9	65.7	60.9	56.0
22	72	79.7	76.0	71.4	66.1	61.3	56.6
20	68	79.7	76.0	71.4	66.7	61.7	57.1
18	64	79.8	76.1	71.5	67.1	62.1	57.3
16	61	79.9	76.1	71.5	67.1	62.5	57.8
14	57	79.9	76.2	71.6	67.2	62.9	58.1
12	54	80.0	76.2	71.6	67.2	62.9	58.4
10	50	80.0	76.3	71.6	67.2	62.9	58.8
-40	-40	80.6	76.8	72.1	67.7	63.3	59.3

With engine bleeds for packs off, increase weight by 1200 kg.

With engine anti-ice on, decrease weight by 300 kg.

With engine and wing anti-ice on, decrease weight by 1400 kg.

When operating in icing conditions during any part of the flight with forecast landing temperature below 10°C, decrease weight by 5500 kg.

Tableau III-2: vérification de calcul limitation remise de gaz

Chapitre III: Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

III.2.3.3 Analyse de tableau

Sans se lancer dans une interpolation au kilo près, ni même à la centaine de kilos, on trouve facilement que pour 25°C, la masse maxi est de 65,5 t pour 6000 ft et 60,5 t pour 8000 ft d'altitude pression. Pour 7000 ft, on sera donc tout près de 63 tonnes, et donc environ 62,2 tonnes pour 7300 ft, ce qui correspond, toujours à 200 kg près, à notre résultat du graphique

Il est bon de retenir que, pour le B737-800, avec une piste de 2000 m située à une altitude moyenne aux alentours de 1000 ft, on pourra atterrir pratiquement toujours à la masse maxi MLW de 65,3 tonnes...[4]

III.2.4 EN VOL

Tous les calculs que l'on vient de voir doivent être effectués au sol, avant le départ. Une fois en vol, il faudra, avant la descente, vérifier que les conditions réelles, météorologie et masse, ne nous conduisent pas à dépasser une des limitations à l'atterrissage.

Il est aussi intéressant de chercher à savoir quelle portion de la piste on va réellement utiliser à l'atterrissage. Cela nous permettra, par exemple, de prévoir le taxiway par lequel on pourra dégager la piste et quel réglage du système de freinage automatique AUTOBRAKE sera le plus judicieux. [4]

**Normal Configuration Landing Distances
Flaps 40
Dry Runway**

BRAKING CONFIGURATION	LANDING DISTANCE AND ADJUSTMENT (M)											
	REF DIST	WT ADJ	ALT ADJ	WIND ADJ PER 10 KTS		SLOPE ADJ PER 1%		TEMP ADJ PER 10°C		VREF ADJ	REVERSE THRUST ADJ	
				HEAD WIND	TAIL WIND	DOWN HILL	UP HILL	ABV ISA	BLW ISA		PER 10 KTS ABOVE VREF40	ONE REV
MAX MANUAL	860	55/-45	15/25	-30	110	10	-10	15	-15	65	15	30
MAX AUTO	1070	60/-55	20/30	-40	135	5	-5	25	-25	95	0	0
AUTOBRAKE 3	1485	100/-95	35/50	-65	225	5	-5	40	-40	160	0	0
AUTOBRAKE 2	1910	140/-135	55/70	-90	315	25	-30	50	-50	175	35	35
AUTOBRAKE 1	2115	165/-160	65/85	-105	370	50	-60	60	-60	160	155	205

Good Reported Braking Action

MAX MANUAL	1195	75/-75	30/40	-55	190	30	-25	30	-30	95	60	135
MAX AUTO	1300	80/-75	30/40	-55	195	30	-25	30	-30	100	65	140
AUTOBRAKE 3	1490	100/-95	35/50	-65	230	10	-10	40	-40	160	5	15
AUTOBRAKE 2	1910	140/-135	55/70	-90	315	25	-30	50	-50	175	35	35

Medium Reported Braking Action

MAX MANUAL	1610	115/-110	45/60	-85	315	75	-55	40	-40	120	160	385
MAX AUTO	1675	115/-115	45/65	-85	315	75	-55	40	-40	120	160	385
AUTOBRAKE 3	1700	120/-115	45/65	-90	320	60	-40	45	-45	160	135	365
AUTOBRAKE 2	1960	145/-140	55/75	-100	355	50	-45	50	-55	175	75	185

Poor Reported Braking Action

MAX MANUAL	2080	165/-155	65/90	-130	495	175	-115	55	-55	140	335	885
MAX AUTO	2165	165/-155	65/90	-130	495	175	-115	55	-55	140	335	885
AUTOBRAKE 3	2165	165/-155	65/90	-130	495	175	-115	55	-55	145	335	890
AUTOBRAKE 2	2215	170/-165	65/90	-135	510	155	-100	60	-60	170	270	795

Reference distance is for sea level, standard day, no wind or slope, VREF40 approach speed and two engine detent reverse thrust.
Max manual braking data valid for auto speedbrakes. Autobrake data valid for both auto and manual speedbrakes.

Tableau III-3: donne la distance qu'il faudra pour arrêter l'avion avec un braquage de volets donnée

Chapitre III: Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

Le premier tableau permet de faire un calcul pour piste sèche. La première colonne donne les valeurs de référence pour une masse de 60 tonnes, et avec différents modes de freinage. Les colonnes suivantes permettent de corriger la valeur de référence pour prendre en compte un écart de masse, un vent positif ou négatif, la pente de la piste, la température, la vitesse et l'usage des inverseurs de poussée.

Les tableaux suivants permettent de faire le calcul en tenant compte de l'état de la piste exprimé sous forme de qualité de freinage telle qu'elle peut être indiquée dans les messages METAR ou SNOWTAM, ou communiquée par les services du contrôle aérien.

Ce tableau nous servira donc à déterminer quel sera le réglage de l'AUTOBRAKE le mieux adapté aux conditions de notre atterrissage.

III.2.4.1 Exemple :

La longueur de piste nécessaire pour atterrir à 65 tonnes sur un terrain situé à 1000 ft.

ADVISORY INFORMATION

Normal Configuration Landing Distances
Flaps 40

Dry Runway

BRAKING CONFIGURATION	LANDING DISTANCE AND ADJUSTMENT (M)											
	REF DIST	WT ADJ	ALT ADJ	WIND ADJ PER 10 KTS		SLOPE ADJ PER 1%		TEMP ADJ PER 10°C		VREF ADJ	REVERSE THRUST ADJ	
	60000 KG LANDING WEIGHT	PER 5000 KG ABOVE/BELOW 60000 KG	PER 1000 FT STD/HIGH*	HEAD WIND	TAIL WIND	DOWN HILL	UP HILL	ABV ISA	BLW ISA	PER 10 KTS ABOVE VREF40	ONE REV	NO REV
MAX MANUAL	860	55/-45	15/25	-30	110	10	-10	15	-15	65	15	30
MAX AUTO	1070	60/-55	20/30	-40	135	5	-5	25	-25	95	0	0
AUTOBRAKE 3	1485	100/-95	35/50	-65	225	5	-5	40	-40	160	0	0
AUTOBRAKE 2	1910	140/-135	55/70	-90	315	25	-30	50	-50	175	35	35
AUTOBRAKE 1	2115	165/-160	65/85	-105	370	50	-60	60	-60	160	155	205

Tableau III-4: Calcule pour piste sèche

III.2.4.2 Analyse de résultat

La première ligne du premier tableau va nous permettre d'évaluer la distance d'atterrissage.

Partant de la valeur de référence de 860 m, il faudra ajouter :

- + 55 m pour les 5 tonnes de plus que 60 t.
- + 15 m pour l'altitude 1000 ft.
- + $65 / 2 = 32$ m pour la vitesse, on approche habituellement à VREF+5.

- + 30 m car les inverseurs de poussées ne sont pas pris en compte pour la distance limitative.
- Nous avons considéré qu'il n'y avait pas de vent et la pente de piste n'est pas prise en compte en limitation.

Au final, ce petit calcul, un peu approximatif quand même, nous permet d'évaluer notre distance d'atterrissage sur piste sèche à : $860 + 55 + 15 + 32 + 30 = 992$ m.

Et si on multiplie ce résultat par 1,67 comme le fait le constructeur pour calculer les longueurs nécessaires limitatives, on trouve alors $992 \times 1,67 = 1657$ m à comparer aux 1680m que nous avons trouvés à l'aide du graphique... Toutes ces données sont donc bien cohérentes. [4]

III.3 Facteurs affectant les performances à l'approche et l'atterrissage

Certains éléments ont un impact direct et significatif à la distance de la course à l'atterrissage, susceptible de perturber la circulation sur la piste ou même de provoquer un accident ou un accident.

Ces éléments sont:

- Déviation de la pente de descente (publiée)
- Écart par rapport à la vitesse d'approche finale (calculée)
- contamination de la piste / eau sur la piste
- Vent arrière ou vent de travers sur l'approche [8]

III.3.1 Facteurs affectant la vitesse à l'approche finale

La vitesse en approche finale (par rapport au sol) influe fortement sur la distance d'atterrissage requise, la vitesse sera affectée par les facultés suivantes :

III.3.1.1 La masse d'aéronef

Un avion doit voler à une vitesse supérieure en approche finale lorsque sa masse est supérieure (la vitesse minimale augmente avec la masse de l'aéronef).

III.3.1.2 Configuration de l'avion

La vitesse de l'air peut être réduite tout en maintenant le même taux de descente. Cela permet une approche finale nette avec une vitesse relativement basse. La caractéristique de ce facteur est utilisée dans toute la mesure du possible pour l'extension et lors de l'atterrissage, la configuration sera avec les plaques vers le bas (maximum). [8]

III.3.1.3 Densité de l'air (élévation de l'aérodrome)

La vitesse en approche finale augmente avec l'altitude de l'aérodrome.

III.3.1.4 Vent

Pour le calcul de la distance d'atterrissage requise, il est permis d'utiliser 50% de la composante vent debout et 150% de la composante vent arrière.

III.3.1.5 Cisaillement du vent

Les changements soudains de direction et de vitesse du vent affecteront également la vitesse sol de l'avion. De plus, la marge de sécurité doit être augmentée [8]

III.3.2 Facteurs affectant la distance à l'atterrissage

III.3.2.1 Vitesse d'atterrissage et technique

L'augmentation de la vitesse d'atterrissage entraînera une augmentation significative des exigences de la distance d'atterrissage.

Condition Effet sur la distance d'atterrissage

➤ Vitesse excessive :

Sur piste sèche 300 pieds (90 mètres) par 10 nœuds

Sur piste mouillée 500 pieds (150 mètres) par 10 nœuds

➤ Vitesse normale Atterrissage retardé :

230 pieds (70 mètres) par seconde Hauteur excessive au seuil

200 pieds (60 mètres) par 10 pieds au-dessus de la hauteur de seuil normale

(Si le pilote retarde le toucher La distance d'atterrissage requise peut presque doubler) [8]

III.3.2.2 La masse d'aéronef

La distance d'atterrissage requise augmentera avec l'augmentation de la masse

III.3.2.3 Densité de l'air

La faible densité (haute température, basse pression ou élévation élevée de l'aérodrome) augmentera la distance d'atterrissage requise en raison de la diminution de la poussée du moteur et de la vitesse d'atterrissage plus élevée.

III.3.2.4 Vent

Le vent affecte la force de décélération pendant la course à l'atterrissage. Une composante de vent debout ajoute à la force de décélération et augmente donc l'efficacité de rupture; tandis qu'un composant de vent arrière pour la même raison réduit l'efficacité de rupture.

III.3.3 Actions de l'ATC affectant l'approche finale et l'atterrissage

Certaines erreurs et pratiques ATC malheureusement communes peuvent mener à des situations où la vitesse d'approche finale et les distances d'atterrissage sont affectées (ce qui peut également concorder avec une occurrence d'approche non stabilisée):

- contrôle de la vitesse inadéquat
- demandes à haute vitesse sur la trajectoire d'approche finale (en particulier au-dessous de 2000 pieds au-dessus du niveau de l'aérodrome) ou absence de restrictions de vitesse élevée au-dessous du FL 100
- déagements de descente retardée
- pas d'approche de précision disponible la nuit ou par mauvais temps
- changement tardif de piste ou d'approche
- la vectorisation sur des pistes avec un composant vent arrière important
- vectorisation en courtes distances finales
- la vectorisation qui oblige les équipages à intercepter la trajectoire de descente
- manque d'informations erronées sur la distance à toucher
- manque d'information sur le trafic précédent (concerne principalement la catégorie de turbulence de sillage et la distance par rapport au trafic de catégorie «lourde») [8]

III.3.3.1 Variables à inclure dans le facteur de répartition

- Réglage réel de la masse à l'atterrissage et des volets d'atterrissage
- Vitesse et hauteur d'approche réelles au seuil
- Configuration de freinage (freins automatiques et inverseurs)
- État actuel (vent, température et pression)
- Piste de piste
- Technique du pilote Le pilote a signalé une action de freinage
- Catégorie d'atterrissage (manuelle ou automatique) [9]

III.4 Les calculs des performances avec logiciel BPS

III.4.1 Configuration

- Pour commencer la configuration on ouvre le logiciel après On clique sur landing après configurations ensuite CONF LAIN DTH finalement on clique sur Modify .

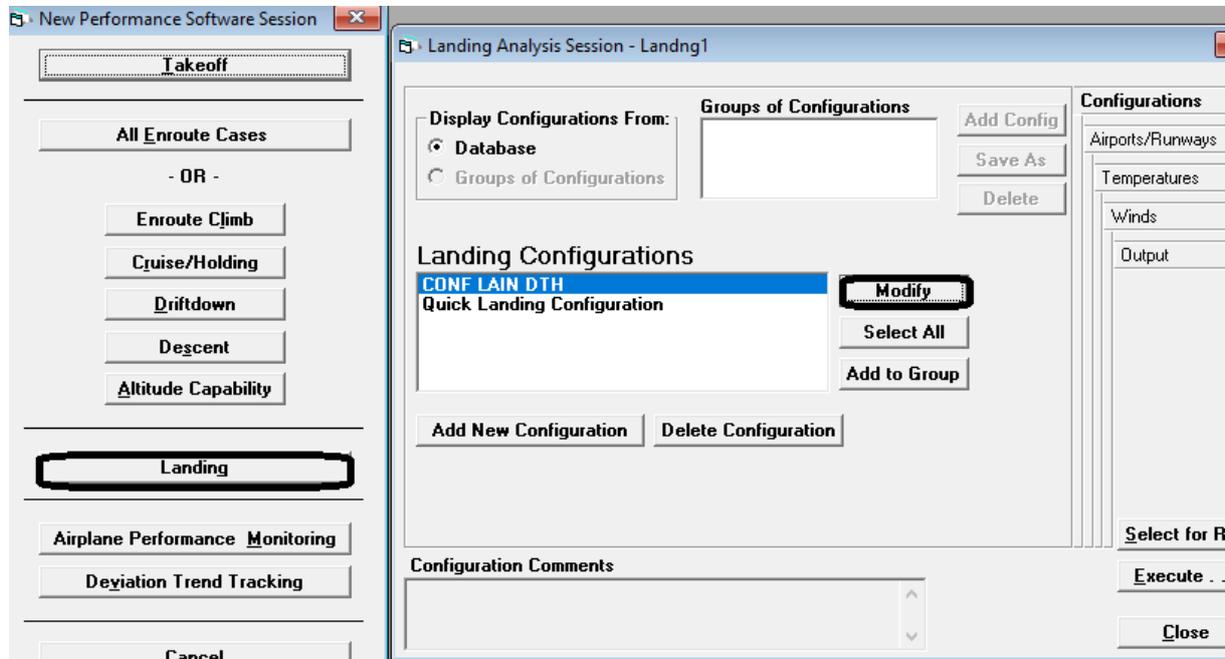


Figure III-7: Configuration d'Atterrissage

- On sélectionne le modèle d'avion, le moteur, la certification, les freins et autres Puis on se tourne vers Flaps pour choisir 15/30

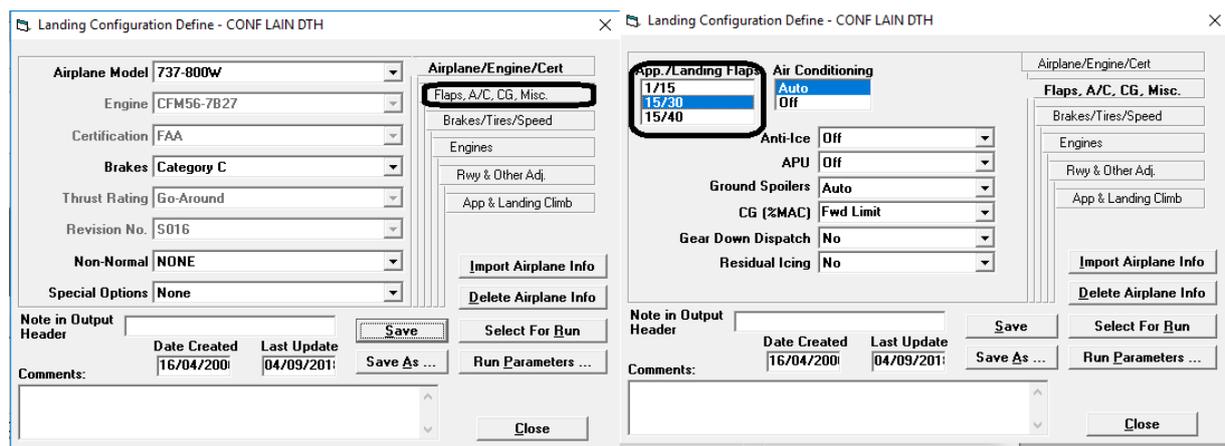


Figure III-8: Configuration d'Avion et Flaps

Chapitre III: Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

- Et pour le choix de piste DRY ou WET on clique sur RWY et Other pour terminer on clique sur Save, Select For Run et close.

On trouve à la fin que la configuration avec la couleur jaune

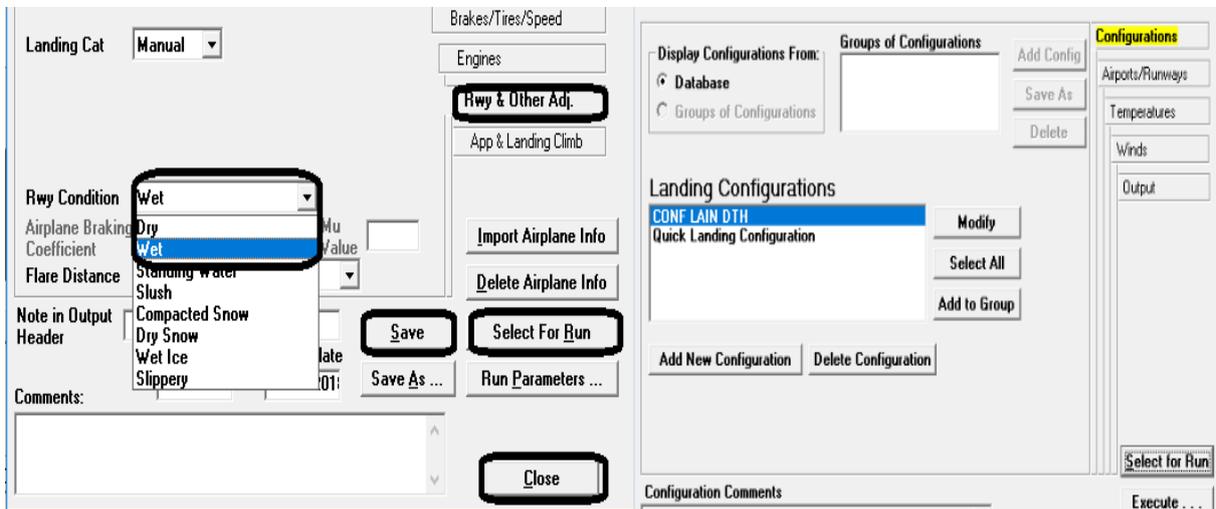


Figure III-9: Type de piste

- On sélectionne les aéroports qu'on va utiliser et ensuite la /les températures et la/les vents Avec la même procédure précédente

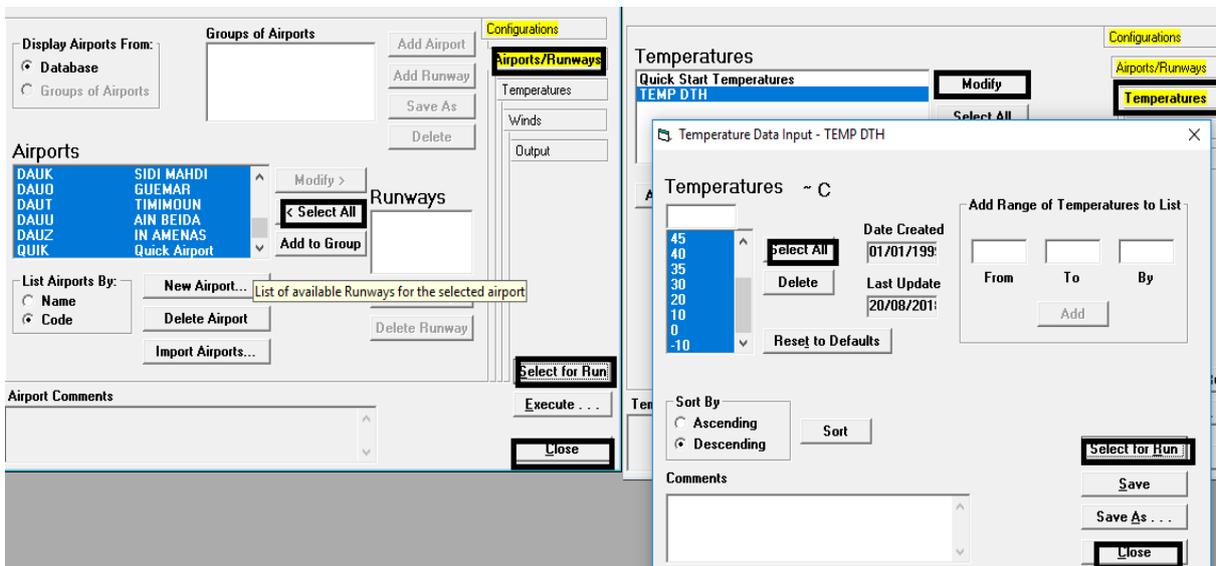


Figure III-10: Choix de Températures

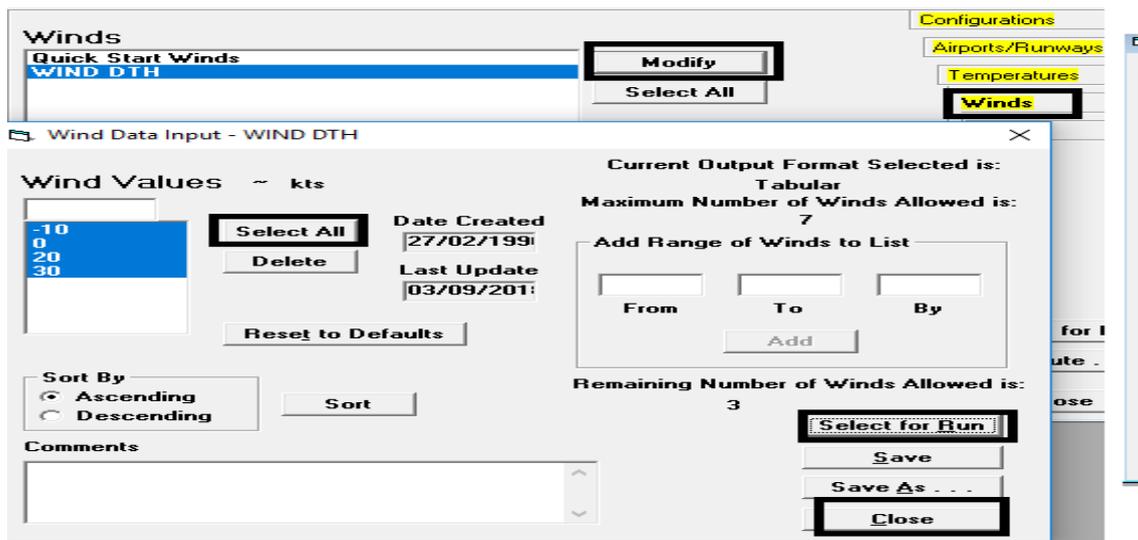


Figure III-11: Choix de Vents

Maintenant on passe par l'étape d'exécution

- On clique sur le bouton Exécute après on sélectionne les aéroports utilisé et enfin sur Exécute

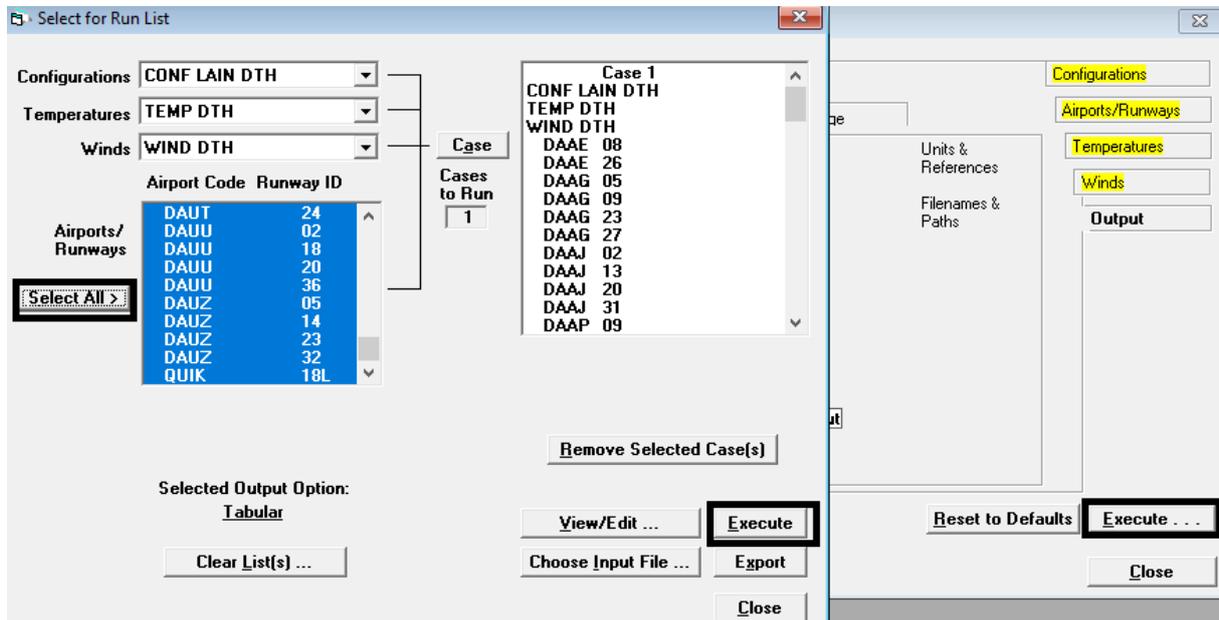


Figure III-12: Etape d'Exécution

Chapitre III: Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

- Lorsqu'on clique sur le bouton Exécute, il commence l'exécution

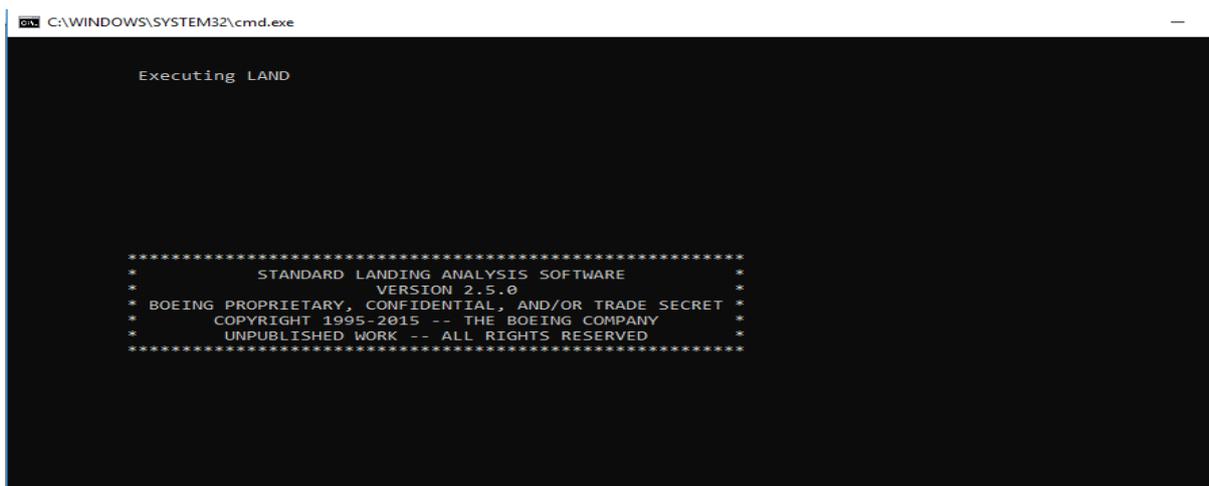


Figure III-13:Début d'Exécution

- Et l'exécution terminer par cette fenêtre

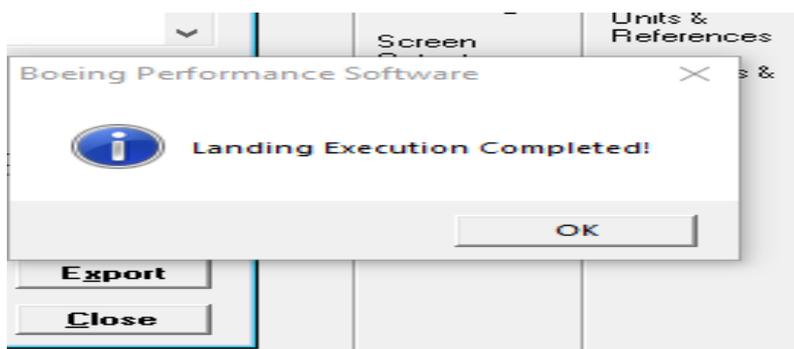


Figure III-14:Fin d'Exécution

- On va voir les résultats d'exécution, en cliquant sur le bouton view edit

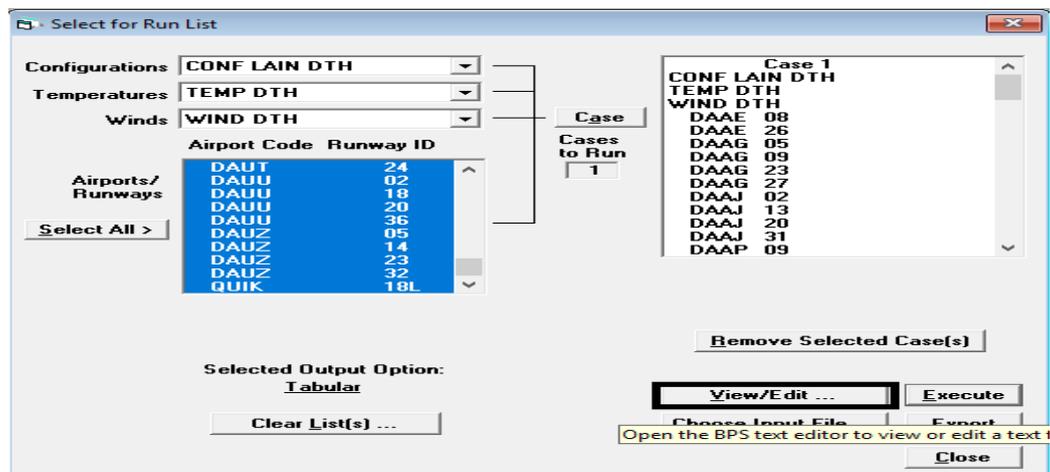


Figure III-15:Voir la modification après l'exécution

Chapitre III: Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

- Voilà le fichier de configuration et la même procédure avec les 2 types de piste et pour les flaps

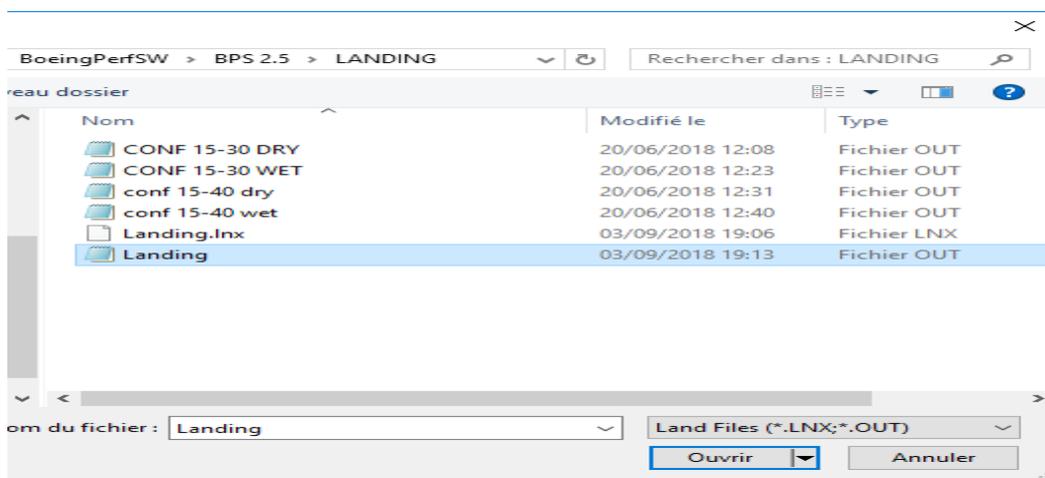


Figure III-16:Fichier de Configurations

- Voilà la fiche de limitation Flaps 15/30, Piste DRY

CONF 15-30 DRY - Bloc-notes

Fichier Edition Format Affichage ?

APPROVED AIRPLANE FLIGHT MANUAL AND THIS DATA.

737-800	LANDING PERFORMANCE	DAAE
CFM56-7B27	SOUMMAM-ABANE RAMD	08
LDA 2400 M	BEJAIA,DZA	Elev 20 FT
Approach 15	Landing 30	Air Cond Auto
Dry Rwy	Reversers Inop	Anti-ice Off

Entête

OAT	Maximum Allowable Landing Weight (100 KG)			
	-10	0	20	30
C				
50	679A	679A	679A	679A
45	711A	711A	711A	711A
40	743A	743A	743A	743A
35	766F	776A	776A	776A
30	766F	811A	811A	811A
20	766F	815A	815A	815A
10	766F	818A	818A	818A
0	766F	820A	820A	820A
-10	766F	821A	821A	821A
-20	766F	822A	822A	822A
-30	766F	823A	823A	823A

Tableau

Above Standard Pressure Add (KG per MB)	50	18	18	18
Below Standard Pressure Subtract (KG per MB)	73	82	82	82

Correction QNH

Reference QNH is 1013.25 MB
 Corrections based on 1003.25 MB and 1023.25 MB

Landing weight must not exceed 65317 KG
 Limit Codes: F=Field C=Climb B=Brakes
 A=Approach Climb L=Landing Climb T=Tire Speed

Bas de page

737-800 LANDING PERFORMANCE DAAE

Figure III-17:Fiche de limitation

III.4.2 Analyse de résultat

- Pour l'aérodrome DAAE de BEJAIA avec la Température de référence 28.6 °, Piste DRY, CONF 15-30, Vent 0

CONF 15-30 DRY - Bloc-notes

Fichier Edition Format Affichage ?

APPROVED AIRPLANE FLIGHT MANUAL AND THIS DATA.

737-800	LANDING PERFORMANCE		DAAE
CFM56-7B27	SOUMMAM-ABANE RAMD		08
LDA 2400 M	BEJAIA,DZA		Elev 20 FT
Approach 15	Landing 30	Air Cond Auto	Anti-ice Off
Dry Rwy	Reversers Inop		

OAT	Maximum Allowable Landing Weight (100 KG)				
	Wind (Knots)				
C	-10	0	20	30	
50	679A	679A	679A	679A	
45	711A	711A	711A	711A	
40	743A	743A	743A	743A	
35	766F	776A	776A	776A	
30	766F	811A	811A	811A	LDA 2400 m La plus petite masse entre eux 81100 kg
20	766F	815A	815A	815A	
10	766F	818A	818A	818A	Limitation A Approach Climb
0	766F	820A	820A	820A	
-10	766F	821A	821A	821A	
-20	766F	822A	822A	822A	
-30	766F	823A	823A	823A	

Above Standard Pressure Add (KG per MB)				
50	18	18	18	
Below Standard Pressure Subtract (KG per MB)				
73	82	82	82	

Reference QNH is 1013.25 MB
 Corrections based on 1003.25 MB and 1023.25 MB

Landing weight must not exceed 65317 KG

Limit Codes: F=Field C=Climb B=Brakes
A=Approach Climb L=Landing Climb T=Tire Speed

Figure III-18:Analyse de résultat

III.4.3 Affichage des résultats sur Tableau

Ce Tableau affiche les différentes masses avec leur limitation, à l'utilisation de module Landing de BPS, nous avons généré les performances d'atterrissage en variant la configuration des volets approche/Atterrissage (1/15,15/30 et 15/40) avec les paramètres température moyenne d'aérodrome, le vent nulle, et l'état de piste (dry, wet)

Les aéroports (Alger DAAG, Annaba DABB, Constantine DABC, El Menia DAUE, Oran DAOO, Tindouf DAOF)

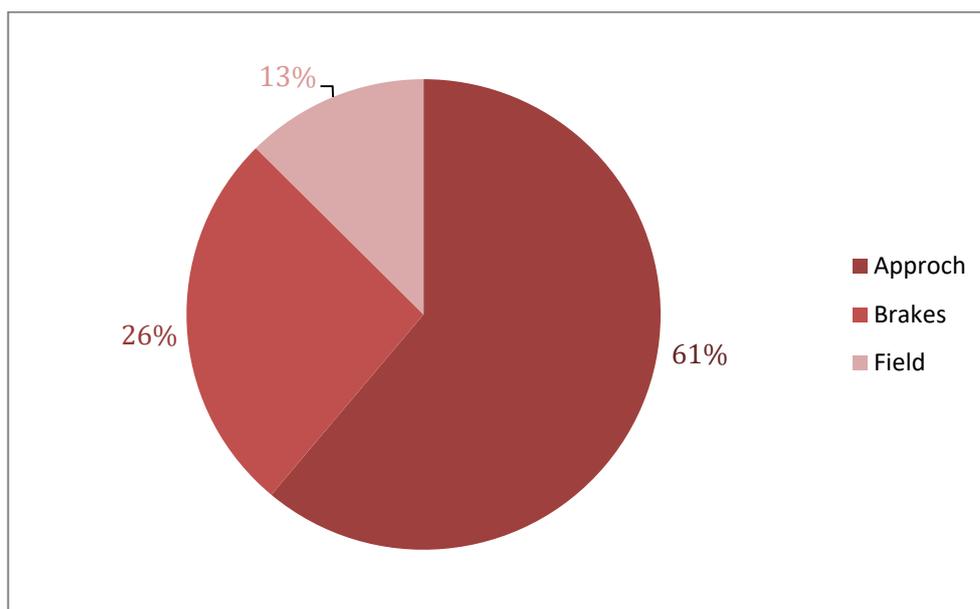


Figure III-19: les différentes limitations sur piste DRY

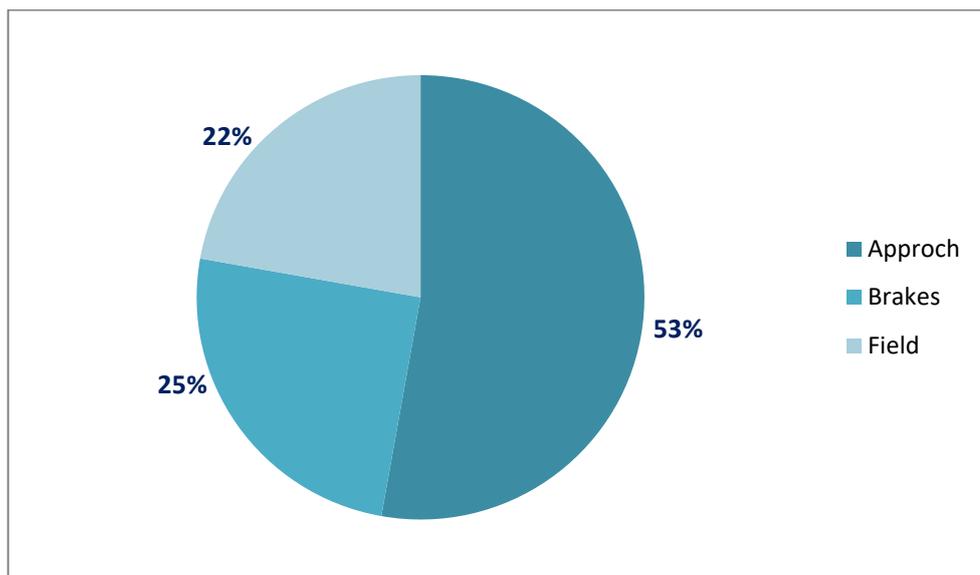


Figure III-20: les différentes limitations sur piste WET

Tableau III-5: Performances d'atterrissage aéroports DABC, DAOF

AEROPORT	TEMP DE REFERENC E °	VENT	PISTE	DRY			WET		
				FLAPS	LIMIT	MASSE MAXI D'ATERRISSAGE KG	FLAPS	LIMIT	MASSE MAXI D'ATERRISSAGE KG
DABC	33.6	0	14	1/15	B	76000	1/15	F	66400
				15/30	A	71800	15/30	F	71400
				15/40	A	71800	15/40	A	71800
			16	1/15	B	76600	1/15	B	76600
				15/30	A	71800	15/30	A	71800
				15/40	A	71800	15/40	A	71800
			32	1/15	F	76400	1/15	F	66400
				15/30	A	71800	15/30	F	71400
				15/40	A	71800	15/40	A	71800
			34	1/15	B	76500	1/15	B	76500
				15/30	A	71800	15/30	A	71800
				15/40	A	71800	15/40	A	71800
DAOF	35	0	08L	1/15	B	78000	1/15	B	78000
				15/30	A	74000	15/30	A	74000
				15/40	A	74000	15/40	A	74000
			08R	1/15	B	78000	1/15	B	78000
				15/30	A	74000	15/30	A	74000
				15/40	A	74000	15/40	A	74000
			26L	1/15	B	78000	1/15	B	78000
				15/30	A	74000	15/30	A	74000
				15/40	A	74000	15/40	A	74000
			26R	1/15	B	78000	1/15	B	78000
				15/30	A	74000	15/30	A	74000
				15/40	A	74000	15/40	A	74000

Tableau III-6: Performances d'atterrissage aéroports DAAG ,DABB

AEROPORT	TEMP DE REFERENC E °	VENT	PISTE	DRY			WET		
				FLAPS	LIMIT	MASSE MAXI D'ATERRISSAGE KG	FLAPS	LIMIT	MASSE MAXI D'ATERRISSAGE KG
DAAG	30.6	0	05	1/15	B	80300	1/15	B	80300
				15/30	A	80900	15/30	A	77400
				15/40	A	77400	15/40	A	77400
			09	1/15	B	80300	1/15	B	80300
				15/30	A	80900	15/30	A	77400
				15/40	A	77400	15/40	A	77400
			23	1/15	B	80100	1/15	B	80100
				15/30	A	80900	15/30	A	77400
				15/40	A	77400	15/40	A	77400
			27	1/15	B	80100	1/15	B	80100
				15/30	A	80900	15/30	A	77400
				15/40	A	77400	15/40	A	77400
DABB	31	0	01	1/15	B	80200	1/15	B	80200
				15/30	A	77600	15/30	A	77600
				15/40	A	77600	15/40	A	77600
			05	1/15	F	76900	1/15	F	67000
				15/30	A	77600	15/30	F	72000
				15/40	A	77600	15/40	F	77300
			19	1/15	B	84000	1/15	B	80400
				15/30	A	77600	15/30	A	77600
				15/40	A	77600	15/40	A	77600
			23	1/15	F	79600	1/15	F	67000
				15/30	A	77600	15/30	F	72000
				15/40	A	77600	15/40	F	77300

Tableau III-7: Performances d'atterrissage aéroports DAUE, DAOO

AEROPORT	TEMP DE REFERENC E °	VENT	PISTE	DRY			WET					
				FLAPS	LIMIT	MASSE MAXI D'ATERRISSAGE KG	FLAPS	LIMIT	MASSE MAXI D'ATERRISSAGE KG			
DAUE	37	0	10	1/15	F	58400	1/15	F	50400			
				15/30	F	62300	15/30	F	53900			
				15/40	F	66600	15/40	F	57700			
			18	1/15	B	77400	1/15	B	77400			
				15/30	A	71100	15/30	A	71100			
				15/40	A	71100	15/40	A	71100			
			28	1/15	F	58400	1/15	F	50400			
				15/30	F	62300	15/30	F	53900			
				15/40	F	66600	15/40	F	57700			
			36	1/15	B	77500	1/15	B	77500			
				15/30	A	71100	15/30	A	71100			
				15/40	A	71100	15/40	A	71100			
			DAOO	32	0	07L	1/15	B	79800	1/15	B	79800
							15/30	A	76900	15/30	A	76900
							15/40	A	76900	15/40	A	76900
07R	1/15	B				79800	1/15	B	79800			
	15/30	A				76900	15/30	A	76900			
	15/40	A				76900	15/40	A	76900			
25L	1/15	B				79800	1/15	B	79800			
	15/30	A				76900	15/30	A	76900			
	15/40	A				76900	15/40	A	76900			
25R	1/15	B				79800	1/15	B	79800			
	15/30	A				76900	15/30	A	76900			
	15/40	A				76900	15/40	A	76900			

III.4.3.1 Analyses des tableaux

L'analyse des données obtenues nous a permis de tirer les observations suivantes :

- En a presque tous les pistes qui sont limité en approche et brake et cela pour les deux types de piste DRY, WET c'est-à-dire qu'en peut pas faire une descente avec une grande pente
- L'utilisation des flaps a une influence sur l'augmentation et la diminution de la masse maximale d'atterrissage
- Dans le cas où on a une limitation feild (piste), c'est à dire la piste est un peu petite alors on est limitée par sa longueur dans ce cas l'atterrissage ce fait avec l'utilisation de toutes les performances (les freins, les becs, les volets) pour un freinage max, forcer les inverseurs du moteur et utilisation des freins max
- Les volets 1/15 Configurations standard et rentable dans ce cas la descente est avec une pente faible à une grande distance, et permet de réduire la consommation du carburant et d'atteindre la masse maxi d'atterrissage (65317 Kg)
- L'ensemble de réseau de TAL avec des conditions de piste sèches ou mouillées présente une masse actuelle d'atterrissage est supérieure à MLW structurale (65317 Kg) pour le 15/40 et 15/30
- Si on veut utiliser flaps 1/15, il faut l'autorisation de commencer la descend loin de l'aérodrome car il faut une piste très longue, c pour ça elle n'est pas utilisable sauf aux aérodromes a faible densité de trafic.

Observation

Après l'analyse on a observé que quand on a une piste longue en utilise seulement les flaps 15, et les Flaps 30, standard nous permet d'atterrir à peu près partout, Flaps 40 est utilisé quand la piste est courte ou quand il y a beaucoup de trafic.

Pour optimiser la masse d'atterrissage, on va définir une configuration des flaps pour chaque aérodromes et piste.

- Si la longueur du piste elle varié entre 2000 m et 2700 m avec telle conditions dry et wet en utilisant la configuration flaps 15/40 parce qu'on a une limitation piste plus frein max.

Chapitre III: Limitations d'Atterrissage et calcul de Performance

- Si on a une piste qui entre 2700 Et 3200 en utilisé 15/30 quel que soit les conditions sauf dans le cas des obstacle situé dans l'axe de piste par ce que en peut envisagé une approche avec une pente grande avant l'obstacle.

Tableau III-8: Volets Recommandé

AEROPORT	TEMP DE REFERENCE ⁰	PISTE	REGLAGE DES VOILETS RECOMMANDE	
			DRY	WET
DAAG 3500 M	30.6	05	15/30,1/15	15/30,1/15
		09	15/30,1/15	15/30,1/15
		23	15/30,1/15	15/30,1/15
		27	15/30,1/15	15/30,1/15
DABB 3000M 2290M	31	1	15/30	15/30
		5	15/40	15/40
		19	15/30	15/30
		23	15/40	15/40
DABC 2400M 3000M	33.6	14	15/40	15/40
		16	15/30	15/30
		32	15/40	15/40
		34	15/30	15/30
DAOF 3000M	35	8L	15/30	15/30
		8R	15/30	15/30
		26L	15/30	15/30
		26R	15/30	15/30
DAUE 1800M 3000M	37	10	15/40	15/40
		18	15/30	15/30
		28	15/40	15/40
		36	15/30	15/30
DAOO 3060M	32	7L	15/30	15/30
		7R	15/30	15/30
		25L	15/30	15/30
		25R	15/30	15/30

III.1	Introduction.....	47
III.2	Les calculs des performances à partir du FPPM.....	48
III.2.1	Limitations structurales.....	48
III.2.2	LIMITATION PISTE.....	49
III.2.2.1	Distance d'atterrissage.....	49
III.2.2.2	Langueur de piste nécessaire.....	50
III.2.2.3	Exemples de calculs.....	52
III.2.2.4	Analyse de résultat.....	52
III.2.3	LIMITATION REMISE DE GAZ.....	53
III.2.3.1	Exemple.....	54
III.2.3.2	Vérification avec les mêmes performances mais issues d'un autre FCOM, sous la forme d'un tableau.....	55
III.2.3.3	Analyse de tableau.....	56
III.2.4	EN VOL.....	56
III.2.4.1	Exemple :.....	57
III.2.4.2	Analyse de résultat.....	57
III.3	Facteurs affectant les performances à l'approche et l'atterrissage.....	58
III.3.1	Facteurs affectant la vitesse à l'approche finale.....	58
III.3.1.1	La masse d'aéronef.....	58
III.3.1.2	Configuration de l'avion.....	58
III.3.1.3	Densité de l'air (élévation de l'aérodrome).....	59
III.3.1.4	Vent.....	59
III.3.1.5	Cisaillement du vent.....	59
III.3.2	Facteurs affectant la distance à l'atterrissage.....	59
III.3.2.1	Vitesse d'atterrissage et technique.....	59
III.3.2.2	La masse d'aéronef.....	59
III.3.2.3	Densité de l'air.....	59
III.3.2.4	Vent.....	59
III.3.3	Actions de l'ATC affectant l'approche finale et l'atterrissage.....	60
III.3.3.1	Variables à inclure dans le facteur de répartition.....	60

III.4	Les calculs des performances avec logiciel BPS	61
III.4.1	Configuration	61
III.4.2	Analyse de résultat	66
III.4.3	Affichage des résultats sur Tableau	67
III.4.3.1	Analyses des tableaux	71
	Observation	71
Figure III-1:	distance d'atterrissage AB	50
Figure III-2:	Longueur de piste AC.....	50
Figure III-3:	Graphe détermine la limitation piste à l'atterrissage du B737-800.....	51
Figure III-4:	graphe d'exemple de calcul LDA	52
Figure III-5:	graphe de limitation remise de gaz	53
Figure III-6:	graphe d'exemple recherche de température	54
Figure III-7:	Configuration d'Atterrissage.....	61
Figure III-8:	Configuration d'Avion et Flaps	61
Figure III-9:	Type de piste.....	62
Figure III-10:	Choix de Températures.....	62
Figure III-11:	Choix de Vents	63
Figure III-12:	Etape d'Exécution	63
Figure III-13:	Début d'Exécution	64
Figure III-14:	Fin d'Exécution.....	64
Figure III-15:	Voir la modification après l'exécution.....	64
Figure III-16:	Fichier de Configurations	65
Figure III-17:	Fiche de limitation.....	65
Figure III-18:	Analyse de résultat.....	66
Figure III-19:	les différentes limitations sur piste DRY.....	67
Figure III-20:	les différentes limitations sur piste WET	67
Tableau III-1:	les différentes limitations structurales du B737-800.....	49
Tableau III-2:	vérification de calcul limitation remise de gaz.....	55
Tableau III-3:	donne la distance qu'il faudra pour arrêter l'avion avec un braquage de volets donnée	56
Tableau III-4:	Calcul pour piste sèche.....	57
Tableau III-5:	Performances d'atterrissage aéroports DABC, DAOF	68
Tableau III-6:	Performances d'atterrissage aéroports DAAG ,DABB.....	69
Tableau III-7:	Performances d'atterrissage aéroports DAUE, DAOO.....	70
Tableau III-8:	Volets Recommandé	72

Conclusion générale

Conclusion générale

Au cours de notre projet fin d'étude nous avons pu approfondir nos connaissances pratiques en matière des opérations aériennes et performance des avions.

A l'aide de Boeing BPS nous avons utilisé les différentes options d'atterrissage dans le but d'optimiser les performances d'atterrissage

Après notre étude sur tous le réseau et qui est réalisé pour étudier la meilleure configuration pour l'optimisation de l'atterrissage en a pris en considération tous les caractéristiques et les performances d'avions (les obstacles, les procédures d'approche. Les infrastructures des aérodromes. Les conditions météo (vent, température) avec l'utilisation des flaps qui a une influence sur l'augmentation et la diminution de la masse maximale d'atterrissage dans ce sens-là on a constaté que : en a presque tous les piste qui ont limité en approche c'est à dire en peut pas faire une descente avec une grande pente pour cela on a défini une configuration des flaps (1/15, 15/30, 15/40) pour chaque aérodromes et piste.

Nos résultats obtenus indiquent une augmentation de la masse admissible à l'atterrissage qui s'est traduite par une rentabilité améliorée, et une réduction des coûts de maintenance des moteurs ce qui provoque une nette influence sur la durée de vie.

Notre sujet peut être poursuivi par une analyse d'autres paramètres opérationnels (vent, température...) Selon d'autres cas des contraintes de terrain (Obstacle, longueur de piste.....etc.) e d'autres procédures d'approche et d'atterrissage.

Bibliographie

Bibliographie

- [1] https://fr.wikipedia.org/wiki/Tassili_Airlines consulté le 2 septembre 2018
- [2] Mr. Yahi Abdel Djalil et Mr.Sidi Achour Zakaria Amine «Etude et Analyse des performances au Décollage d'un Boeing 737-800 Avec logiciel BPS » mémoire fin d'étude. Université SAAD DAHLEB BLIDA, 2014-2015
- [3] <http://www.tassilairlines.dz/index.php?lang=fr> consulté le 2 septembre 2018
- [4] Le coin simulation aérienne <https://www.flightsim-corner.com/categorie/aller-plus-loin/737-800/>
- [5] JAR OPS1, JAR 25, « Préparation du vol». Module opérations aérienne, Europe 1 avril 1998
- [6] João Pedro Rodrigues de Lemos Viana-Takeoff and Landing Performance Optimisation octobre 2011
- [7] [L'avionnaire site dédié à l'aviation https://www.lavionnaire.fr/](https://www.lavionnaire.fr/)
- [8] https://www.skybrary.aero/index.php/Main_Page consulté le 30 juillet 2018
- [9] Flight Crew Operations Manual 737-600/-700/-800/-900, THE BOEING COMPANY.
- [10] Manuel d'exploitation de tassili Airlines technique utilisation B737-800 Edition 1 :2011 Révision 1 :03-10-2011
- [11] FLIGHT OPERATIONS ENGINEERING Takeoff and Landing Performance Analysis using BPS September 21 - 25, 2015

[12] Aeronautical Information Publication Algérie, Service d'Information
Aéronautique, Etablissement National de la Navigation Aérienne

[13] M. DRIUCHE, Cours Opérations aériennes I et II, Département
d'Aéronautique, Université SAAD DAHLEB Blida 2014-2015

[14] B737 Performance Takeoff & Landing

<http://slideplayer.com/slide/3349342/>

Annexes

Configuration avec FLAPS 1/15, 15/30, 15/40

AEROPORT LIST	TEMPERARATUR E DE REFERENCE °	PISTE	WIND	DRY			WET		
				FLAPS	LIMITATIO N	MASSE MAXI D'ATTERISSAGE (KG)	FLAPS	LIMITATIO N	MASSE MAXI D'ATTERISSAGE (KG)
DAAE	28.6	08	0	1/15	F	79700	1/15	F	70600
				15/30	A	81100	15/30	F	75900
				15/40	A	81100	15/40	A	81100
		26	0	1/15	F	79700	1/15	F	70600
				15/30	A	81100	15/30	F	75900
				15/40	A	81100	15/40	A	81100
DAAG	30.6	05	0	1/15	B	80300	1/15	B	80300
				15/30	A	80900	15/30	A	77400
				15/40	A	77400	15/40	A	77400
		09	0	1/15	B	80300	1/15	B	80300
				15/30	A	80900	15/30	A	77400
				15/40	A	77400	15/40	A	77400
		23	0	1/15	B	80100	1/15	B	80100
				15/30	A	80900	15/30	A	77400
				15/40	A	77400	15/40	A	77400
		27	0	1/15	B	80100	1/15	B	80100
				15/30	A	80900	15/30	A	77400
				15/40	A	77400	15/40	A	77400
DAAJ	38	02	0	1/15	B	74800	1/15	F	64900
				15/30	A	66700	15/30	A	66700
				15/40	A	66700	15/40	A	66700
		13	0	1/15	B	74600	1/15	B	74600
				15/30	A	66700	15/30	A	66700
				15/40	A	66700	15/40	A	66700
		20	0	1/15	B	74300	1/15	F	64900
				15/30	A	66700	15/30	A	66700
				15/40	A	66700	15/40	A	66700
		31	0	1/15	B	74500	1/15	B	74500
				15/30	A	66700	15/30	A	66700
				15/40	A	66700	15/40	A	66700
DAAP	35	09	0	1/15	B	77600	1/15	B	77600
				15/30	A	73200	15/30	A	73200
				15/40	A	73200	15/40	A	73200
		27	0	1/15	B	77300	1/15	B	77300
				15/30	A	73200	15/30	A	73200
				15/40	A	73200	15/40	A	73200

DAAS	33	09	0	1/15	B	74800	1/15	B	74800
				15/30	A	69300	15/30	A	69300
				15/40	A	69300	15/40	A	69300
		27	0	1/15	B	75100	1/15	B	75100
				15/30	A	69300	15/30	A	69300
				15/40	A	69300	15/40	A	69300
DAAV	31.3	17	0	1/15	F	79700	1/15	F	70600
				15/30	A	77500	15/30	F	75900
				15/40	A	77500	15/40	A	
		35	0	1/15	F	79700	1/15	F	70600
				15/30	A	77500	15/30	F	75900
				15/40	A	77500	15/40	A	
DABB	31	01	0	1/15	B	80200	1/15	B	80200
				15/30	A	77600	15/30	A	77600
				15/40	A	77600	15/40	A	77600
		05	0	1/15	F	76900	1/15	F	67000
				15/30	A	77600	15/30	F	72000
				15/40	A	77600	15/40	F	77300
		19	0	1/15	B	80400	1/15	B	80400
				15/30	A	77600	15/30	A	77600
				15/40	A	77600	15/40	A	77600
		23	0	1/15	F	79600	1/15	F	67000
				15/30	A	77600	15/30	F	72000
				15/40	A	77600	15/40	F	77300
DABC	33.6	14	0	1/15	B	76000	1/15	F	66400
				15/30	A	71800	15/30	F	71400
				15/40	A	71800	15/40	A	71800
		16	0	1/15	B	76600	1/15	B	76600
				15/30	A	71800	15/30	A	71800
				15/40	A	71800	15/40	A	71800
		32	0	1/15	F	76400	1/15	F	66400
				15/30	A	71800	15/30	F	71400
				15/40	A	71800	15/40	A	71800
		34	0	1/15	B	76500	1/15	B	76500
				15/30	A	71800	15/30	A	71800
				15/40	A	71800	15/40	A	71800
DABS	34	11	0	1/15	B	76200	1/15	B	76200
				15/30	A	70900	15/30	A	70900
				15/40	A	70900	15/40	A	70900
		12	0	1/15	F	75900	1/15	F	65800
				15/30	A	70900	15/30	A	70700
				15/40	A	70900	15/40	A	70900

DABS	34	29	0	1/15	B	75800	1/15	B	75800
				15/30	A	70900	15/30	A	70900
				15/40	A	70900	15/40	A	70900
		30	0	1/15	F	75900	1/15	F	65800
				15/30	A	70900	15/30	A	70700
				15/40	A	70900	15/40	A	70900
DABT	34	05	0	1/15	B	76300	1/15	B	76300
				15/30	A	70800	15/30	A	70800
				15/40	A	70800	15/40	A	70800
		23	0	1/15	B	75600	1/15	B	75600
				15/30	A	70800	15/30	A	70800
				15/40	A	70800	15/40	A	70800
DAOB	34	08	0	1/15	B	74700	1/15	B	74700
				15/30	A	69500	15/30	A	69500
				15/40	A	69500	15/40	A	69500
		26	0	1/15	B	75500	1/15	B	75500
				15/30	A	69500	15/30	A	69500
				15/40	A	69500	15/40	A	69500
DAOF	35	08L	0	1/15	B	78000	1/15	B	78000
				15/30	A	74000	15/30	A	74000
				15/40	A	74000	15/40	A	74000
		08R	0	1/15	B	78000	1/15	B	78000
				15/30	A	74000	15/30	A	74000
				15/40	A	74000	15/40	A	74000
		26L	0	1/15	B	78000	1/15	B	78000
				15/30	A	74000	15/30	A	74000
				15/40	A	74000	15/40	A	74000
		26R	0	1/15	B	78000	1/15	B	78000
				15/30	A	74000	15/30	A	74000
				15/40	A	74000	15/40	A	74000
DAOI	34	08	0	1/15	B	79500	1/15	B	79500
				15/30	A	76400	15/30	A	76400
				15/40	A	76400	15/40	A	76400
		26	0	1/15	B	79500	1/15	B	79500
				15/30	A	76400	15/30	A	76400
				15/40	A	76400	15/40	A	76400
DAON	34	07	0	1/15	B	78900	1/15	F	75000
				15/30	A	75600	15/30	A	75600
				15/40	A	75600	15/40	A	75600
		25	0	1/15	B	79000	1/15	F	75000
				15/30	A	75600	15/30	A	75600
				15/40	A	75600	15/40	A	75600

DAOO	32	07L	0	1/15	B	79800	1/15	B	79800
				15/30	A	76900	15/30	A	76900
				15/40	A	76900	15/40	A	76900
		07R	0	1/15	B	79900	1/15	B	79900
				15/30	A	76900	15/30	A	76900
				15/40	A	76900	15/40	A	76900
		25L	0	1/15	B	79800	1/15	B	79800
				15/30	A	76900	15/30	A	76900
				15/40	A	76900	15/40	A	76900
		25R	0	1/15	B	79800	1/15	B	79800
				15/30	A	76900	15/30	A	76900
				15/40	A	76900	15/40	A	76900
DAOR	35	06	0	1/15	B	76100	1/15	B	76100
				15/30	A	70900	15/30	A	70900
				15/40	A	70900	15/40	A	70900
		18	0	1/15	B	76100	1/15	B	76100
				15/30	A	70900	15/30	A	70900
				15/40	A	70900	15/40	A	70900
		24	0	1/15	B	76000	1/15	B	76000
				15/30	A	70900	15/30	A	70900
				15/40	A	70900	15/40	A	70900
		36	0	1/15	B	76000	1/15	B	76000
				15/30	A	70900	15/30	A	70900
				15/40	A	70900	15/40	A	70900
DAOV	18.9	08	0	1/15	F	54500	1/15	F	46900
				15/30	F	58200	15/30	F	50000
		26	0	1/15	F	54500	1/15	F	46900
				15/30	F	58200	15/30	F	50000
DAOY	37	04	0	1/15	B	72800	1/15	B	72800
				15/30	A	63700	15/30	A	63700
				15/40	A	63700	15/40	A	63700
		22	0	1/15	B	72300	1/15	B	72300
				15/30	A	63700	15/30	A	63700
				15/40	A	63700	15/40	A	63700
DATG	45	08	0	1/15	F	72400	1/15	F	62100
				15/30	A	68000	15/30	F	66500
				15/40	A	68000	15/40	A	68000
		26	0	1/15	F	72400	1/15	F	62100
				15/30	A	68000	15/30	F	66500
				15/40	A	68000	15/40	A	68000
DATM	40	08	0	1/15	B	77400	1/15	B	77400
				15/30	A	71100	15/30	A	71100
				15/40	A	71100	15/40	A	71100
		26	0	1/15	B	77500	1/15	B	77500
				15/30	A	71100	15/30	A	71100

DAUA	40	04	0	1/15	B	78100	1/15	B	78100		
				15/30	A	72000	15/30	A	72000		
				15/40	A	72000	15/40	A	72000		
		22	0	1/15	B	78000	1/15	B	78000		
				15/30	A	72000	15/30	A	72000		
				15/40	A	72000	15/40	A	72000		
DAUB	36	13	0	1/15	B	78600	1/15	B	78600		
				15/30	A	73600	15/30	A	73600		
				15/40	A	73600	15/40	A	73600		
		31	0	1/15	B	79500	1/15	B	79500		
				15/30	A	73600	15/30	A	73600		
				15/40	A	73600	15/40	A	73600		
DAUE	37	10	0	1/15	F	58400	1/15	F	50400		
				15/30	F	62300	15/30	F	53900		
		18	0	1/15	B	77400	1/15	B	77400		
				15/30	A	71100	15/30	A	71100		
		28	0	1/15	F	58400	1/15	F	50400		
				15/30	F	62300	15/30	F	53900		
		36	0	1/15	B	77500	1/15	B	77500		
				15/30	A	71100	15/30	A	71100		
		DAUG	39	12	0	1/15	B	76500	1/15	B	76500
						15/30	A	70600	15/30	A	70600
18	0			1/15	B	76800	1/15	F	67900		
				15/30	A	70600	15/30	A	70600		
30	0			1/15	B	77700	1/15	B	77700		
				15/30	A	70600	15/30	A	70600		
36	0			1/15	B	77500	1/15	F	67900		
				15/30	A	70600	15/30	A	70600		
DAUI	41.8			05	0	1/15	B	77300	1/15	B	77300
						15/30	A	69000	15/30	A	69000
		15/40	A			69000	15/40	A	69000		
		23	0	1/15	B	77500	1/15	B	77500		
				15/30	A	69000	15/30	A	69000		
				15/40	A	69000	15/40	A	69000		
DAUK	45	01	0	1/15	B	78200	1/15	B	78200		
				15/30	A	70500	15/30	A	70500		
				15/40	A	70500	15/40	A	70500		
		19	0	1/15	B	78600	1/15	B	78600		
				15/30	A	70500	15/30	A	70500		
				15/40	A	70500	15/40	A	70500		
DAUO	41	02	0	1/15	F	67000	1/15	F	57800		
				15/30	A	70500	15/30	F	61800		
				15/40	A	73800	15/40	F	66000		
		13	0	1/15	B	78600	1/15	B	78600		
				15/30	A	70500	15/30	A	70600		

DAUO	41	20	0	1/15	F	67000	1/15	F	57800
				15/30	A	70500	15/30	F	61800
				15/40	A	73800	15/40	F	66000
		31	0	1/15	B	78400	1/15	B	78400
				15/30	A	70500	15/30	A	70600
				15/40	A	73800	15/40	A	73800
DAUT	40	06	0	1/15	B	77900	1/15	B	77900
				15/30	A	71800	15/30	A	71800
				15/40	A	68700	15/40	A	68700
		24	0	1/15	B	77900	1/15	B	77900
				15/30	A	71800	15/30	A	71800
				15/40	A	68700	15/40	A	68700
DAUU	46	02	0	1/15	B	77000	1/15	B	77000
				15/30	A	66600	15/30	A	66600
				15/40	A	66600	15/40	A	66600
		18	0	1/15	B	77700	1/15	B	77700
				15/30	A	66600	15/30	A	66600
				15/40	A	66600	15/40	A	66600
		20	0	1/15	B	77700	1/15	B	77700
				15/30	A	66600	15/30	A	66600
				15/40	A	66600	15/40	A	66600
		36	0	1/15	B	77000	1/15	B	77000
				15/30	A	66600	15/30	A	66600
				15/40	A	66600	15/40	A	66600
DAUZ	38	05	0	1/15	B	76700	1/15	B	76700
				15/30	A	69800	15/30	A	69800
				15/40	A	69800	15/40	A	69800
		14	0	1/15	F	71400	1/15	F	61400
				15/30	A	69800	15/30	F	65500
				15/40	A	69800	15/40	A	69800
		23	0	1/15	B	76600	1/15	B	76600
				15/30	A	69800	15/30	A	69800
				15/40	A	69800	15/40	A	69800
		32	0	1/15	F	71400	1/15	F	61400
				15/30	A	69800	15/30	F	65500
				15/40	A	69800	15/40	A	69800
DAAT	29	02	0	1/15	B	74300	1/15	B	74300
				15/30	A	69000	15/30	A	69000
				15/40	A	69000	15/40	A	69000
		08	0	1/15	B	73900	1/15	B	73900
				15/30	A	69000	15/30	A	69000
				15/40	A	69000	15/40	A	69000

DAAT	29	20	0	1/15	B	73400	1/15	B	73400
				15/30	A	69000	15/30	A	69000
				15/40	A	69000	15/40	A	69000
		26	0	1/15	B	73800	1/15	B	73800
				15/30	A	69000	15/30	A	69000
				15/40	A	69000	15/40	A	69000
DAUH	41.8	18	0	1/15	B	78100	1/15	B	78100
				15/30	A	70000	15/30	A	70000
				15/40	A	70000	15/40	A	70000
		36	0	1/15	B	78100	1/15	B	78100
				15/30	A	70000	15/30	A	70000
				15/40	A	70000	15/40	A	70000

B : limitation Brake

F : limitation Filed

A : limitation approche